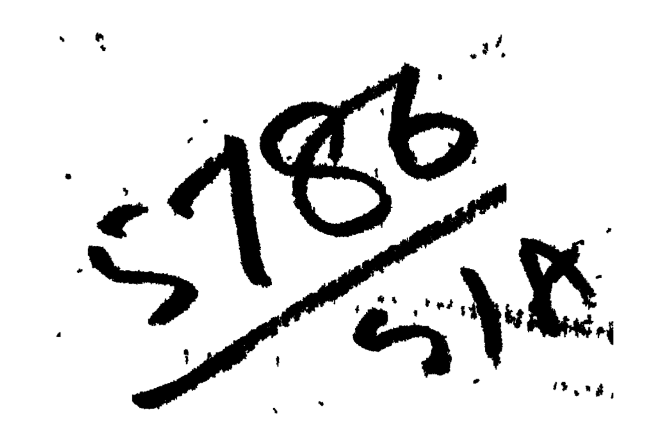

5786
518

وزارة المعارف العمومية



تأليف

دنجتن

المعلم الأول للكيمياء بمدرسة مدينة لندره سابقا ، ومؤلف كتاب التمارين العملية فى الكيمياء

الجزء الأول

من الباب الأول الى الباب السابع والعشرين

ترجم الى العربيه بأمر الوزاره

المطبعة الأميرية بالقاهرة

١٩٢٠

محتـــــويات

الجـــزء الأول ، من كتاب دروس الكيمياء

		صفحة
الباب الأول	— الذوبان	١
» الثانى	— التبلور	١٦
» الثالث	— الخواص الطبيعية للمواد	٢٤
» الرابع	— تنقية المواد	٣٧
» الخامس	— الحوامض والقلويات	٤٦
» السادس	— فى صدأ الحديد — الأزوت	٥٦
» السابع	— فى الاحتراق — الأكسچين	٦١
» الثامن	— الايدروچين والماء	٧٧
» التاسع	— الرخام والجير	٨٩
» العاشر	— الكربون	١٠٤
» الحادى عشر	— أكاسيد الكربون . حامض الكربونيك	١١١
» الثانى عشر	— مركبات الكربون مع الايدروچين	١١٩
» الثالث عشر	— تغير الوزن الحادث من التفاعل الكيميائى	١٢٦
» الرابع عشر	— تركيب القلويات	١٣٥
» الخامس عشر	— حامض الكلوردريك	١٤٢
» السادس عشر	— الكلور	١٤٩
» السابع عشر	— الحوامض والقواعد والأملاح	١٦٢
» الثامن عشر	— الأوزان المكافئة	١٦٧
» التاسع عشر	— النوشادر	١٧٤
» العشرون	— حامض الأزوتيك والأزوتات	١٨٢

صفحة

الباب الحادى والعشرون — أكاسيد الأزوت ١٩٢

» الثانى والعشرون — الجو — الاحتراق... ... ... ٢٠٠

» الثالث والعشرون — قانون الحجوم لجاى لوساك ٢١٠

» الرابع والعشرون — الكبريت وثانى أوكسيد الكبريت وحامض الكبريتوز... ... ... ٢٢١

» الخامس والعشرون — حامض الكبريتيك ٢٣١

» السادس والعشرون — الكبريتورات... ... ... ٢٤٠

» السابع والعشرون — قانون النسب المضاعفة ٢٤٧

بسم الله الرحمن الرحيم

الحمد لله رب العالمين ، والصلاة والسلام على سيدنا محمد ، وعلى سائر الأنبياء والمرسلين ، وعلى آلهم وصحبهم أجمعين .

كتاب دروس الكيمياء

الجزء الأول

الباب الأول – الذوبان

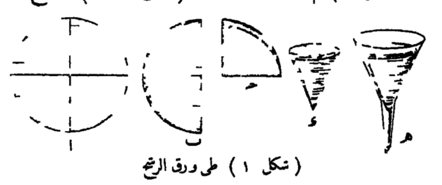
(١) القابلية للذوبان فى الماء

تدريب ١ – ذوبان الأجسام الصلبة فى الماء .

(ا) ما الذى يحدث للسكر اذا وضع فى كوب من الماء أو فى فنجان من الشاى ؟ اذكر بعض أمثلة مشابهة لذلك .

(ب) ضع فى أنبوبة اختبار مقدارا من الملح بقدر ما يمكن حمله على نصل المبراة ثم املأها ماء لمنتصفها وبعد ذلك رج المزيج . ما الذى يحصل للملح ؟

(حـ) خذ قمعا وورقة رشح . اطو الورقة بحيث تنقسم الى قسمين متساويين (شكل ١ ، ا و ب) ثم طبقها كذلك ثانية (شكل ١ ، حـ) . افتح أحد الأرباع



(شكل ١) طى ورق الرشح

بحيث تصير الورقة على شكل مخروط (شكل ١ ، ى) . ثبت هذا المخروط تماما فى قعر القمع وبلله بقطرات قليلة من الماء فى أثناء امساكه فى مكانه . ضع مخبارا تحت القمع واسكب على ورقة الرشح محلول الملح الذى حصلت عليه فى تدريب ١ ، ١ (ب) . هل يبقى الملح فى المُرْشح ؟

(ى) اترك فى أنبوبة الاختبار نصف المحلول المرشح وأكملها بالماء ثم رجها . ذق السائل . هلا تلاحظ أن الملح انتشر بنسبة واحدة فى جميع أجزاء السائل ؟ أترك السائل وشأنه بضع ساعات ، ثم انظر هل لا تزال نسبة انتشار الملح على حالها أو رسب فى غور الأنبوبة ؟ فى أنبوبة اختبار أخرى ضع طباشيرا مسحوقا ورجه فى قليل من الماء . هل يرسب الطباشير اذا ترك وشأنه زمنا يعادل ماترك فيه الملح ؟

(هـ) كرر التدريب السابق بوضع ضعف كمية الملح فى مقدار من الماء يساوى الأول ، فاذا لم يذب جميع الملح فضع الابهام على فتحة الأنبوبة ورجها ، فاذا ذاب عن آخره فأضف قليلا من الملح الى المحلول وكرر هذه العملية حتى يبقى بعض من الملح بلا ذوبان ، والآن أجب عما يأتى :

(١) هل يساعد الرج فى اذابة الملح ؟

(٢) هل يمكن أن يذيب الماء أى مقدار من الملح يوضع فيه ؟

(و) عالج إذابة جزء من الزاج الأزرق فى الماء . هل يظهر فى الماء مايدل على أنه أذاب جزءا من هذا الجسم ؟

تدريب ٢ — تأثير تغير درجة الحرارة فى الذوبان — ضع فى أنبوبة اختبار مملوءة الى نصفها بالماء مقدارا يسيرا من مسحوق الشب ثم زد عليه مرة بعد أخرى مع رج الأنبوبة فى كل مرة حتى يبقى مقدار من غير ذوبان . فعند ذلك سخن السائل بمصباح بنزن وأنظر هل يمكن بهذه الطريقة زيادة مقدار الكمية المذابة ؟

تدريب ٣ — فى استرجاع الأجسام الصلبة من المحلول — زِن جفنة بَخْر مجففة جيدا وضع فيها ٥٠ س م٣ من الماء بواسطة الماصة ثم أذب فيه مقدارا من الملح علم وزنه بشرط ألا يزيد على عشرة جرامات وحذار أن تفقد أثناء العملية جزءا

من الملح أو السائل . سخن المحلول بوضعه فوق ماء فى درجة الغليان واتركه يغلى حتى يتبخر جميع السائل واذا لم يوجد حمام الماء الذى يستعمل لهذا الغرض يمكن تسخين الجفنة فوق ماء يغلى فى كوب أو كوز من الصفيح (شكل ٢) . جفف الجسم الصلب الذى يبقى بوضعه فى فرن التجفيف ثم بعد أن يبرد الاناء وما فيه زنهما ، ولأجل أن يكون الجسم مجففا تماما يجب أن لا يتغير وزنه مهما تكرر عليه التسخين .



(شكل ٢) البخر بواسطة البخار

دوّن الأوزان بالصورة الآتية :

وزن الجفنة والجسم الصلب ... ... ٠٠٠٠٠ درهما

» » وحدها ... ... = ٠٠٠٠٠ »

» الجسم الصلب ... ... = ٠٠٠٠٠ »

افحص الجسم الصلب الذى يبقى وقارنه بالملح الأصلى . ذق كلا منهما ثم احكم :

(١) هل لا يزال ملحا كما كان ؟

(٢) هل حصلت على جميع الملح الذى كان فى المحلول ؟

خواص المحاليل — كلنا يعرف أن الأجسام الصلبة مثل الملح والسكر تختفى عند وضعها فى الماء ويخيل الينا أنها تحولت الى سائل ، ويقال إنها تذوب وإنها تكون محلولا مع الماء وكل الأجسام التى من هذا القبيل تسمى "قابلة للذوبان" ويسمى السائل الذى يذيبها "المذيب". وللجسم المذاب خواص خاصة به فانه يصير كالسوائل فيمرّ من مسام ورق الرشح وتتسرب بعض خواصه الى المحلول ، فلون محلول الزاج الأزرق فيه نفس زرقة الزاج الصلب . وهنا يجب أن نلاحظ أن طعم أى مادة مثل الملح انما هو خاصة للمحلول فى الماء لا للجسم الصلب نفسه لأنه لا يمكن أن تذاق مادة من غير إذابتها أولا .

وإنا لنجد أن الجسم المذاب ينتشر فى جميع أجزاء أى مقدار من الماء عند تحريكه أو رجّه ولا يركد فى قعر الماء ولو ترك ساكنا ، أما الجسم غير القابل للذوبان كالطباشير مثلا فربما يعوم فى الماء ، ويقال إنه معلق ويكون السائل فى هذه الحالة عكرا معتما لا رائقا شفافا ويمكن ازالة الجسم الصلب بواسطة الرشح واذا ترك السائل فان الجسم يستقر فى القعر تاركا السائل رائقا .

ولا يمكن أن يذيب حجم معين من الماء أى مقدار من جسم صلب قابل للذوبان فإنه إذا وضع فيه من الجسم ما يزيد على مقدار معين فإن الزائد لايذوب وإذا ذاب من الجسم كل ما يمكن أن يذيبه السائل تكوّن مايسمى "محلولا مشبعا" وإذا سخن هذا المحلول أمكن إذابة كمية أخرى من الجسم ولكن ذلك لا يطرد دائما .

امكان استرجاع الأجسام الصلبة من المحلول — يمكن اغلاء المحلول بالتسخين فيتسرّب الماء الى الهواء فى صورة بخار تاركا الجسم خلفه ، وإذا بخرنا الماء بالدقة بدون انحباس أمكن استرجاع أى جسم صلب كالملح مثلا من محلول من غير أن ينقص وزنه والجسم الصلب الحاصل بهذه الطريقة يساوى فى الوزن المادة الأصلية غير مختلف عنها فى خواصها ، فعلى ذلك يعتبر ذوبان الأجسام الصلبة تغيرا فى حالتها فقط كالتغير الذى يحصل عند انصهار جسم صلب أو إغلاء سائل وكل تغير من هذا النوع لا ينتج مادّة جديدة يسمى "بالتغير الطبيعى" .

(٢) تنقيـــة ماء الصنبور

تدريب ٤ — هل ماء الصنبور نقى ؟ — بخر بعض ماء الصنبور فى زجاجة ساعة أو قطعة من زجاج دورق مكسور وبعد اختفاء الماء عاين الزجاجة بعدسة وأنظر هل ترك جسم صلب على الزجاج أو كان ماء الصنبور تامّ النقاء ؟ والآن اقترح طريقة لتحصيل ماء خال من الأجسام المذابة .

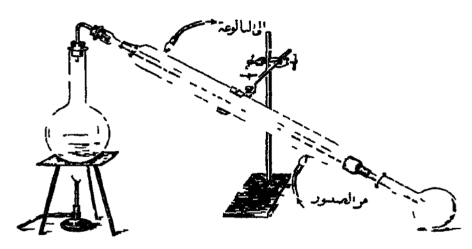
تدريب ٥ — تقطـــير المـاء .

(أ) يجعل المـاء خاليا من المواد المذابة باغلائه وتكثيف البخار ، وللقيام بهذه العملية المسماة "عملية التقطير" استحوذ على مكثف ليبيج ولاحظ كيفية مرور تيار من ماء الصنبور البارد فى الغلاف الخارجى للمكثف أثناء سير البخار فى الأنبوبة الداخلية ثم خذ دورقا كبيرا وركب الجهاز كما ترى فى شكل (٣) واملأ ثلثى الدورق ماء مذابا فيه شئ من الملح وضع فى السائل قطعا من الخزف لمنع الاهتزاز أثناء الغليان وكذلك ركب دورقا أصغر من الأول فى أسفل المكثف ليتجمع فيه السائل المقطر ، وصل أنبوبة المكثف السفلى بمسودع المـاء وأنبوبته العليا بالحوض ثم افتح الصنبور بحيث يمرّ فى الغلاف تيار ماء بطىء واغل ماء الدورق الكبير حتى يُقطر أكثر الماء ويظهر الملح على جوانب الدورق فأطفئ المصباح .

(ب) سخن بعض الماء المقطر فى زجاجة ساعة وانظر هل هو خلو من الأجسام المذابة ؟

الماء المقطر — كثير من الأجسام الصلبة قابل للذوبان فى الماء كل الى حدّ خاص به ، وكثير من هذه الأجسام فى التراب أو فى الصخور المكوّنة لسطح الأرض وليس فى ماء المطر أجسام مذابة ولكن بمجرد وصوله الى الأرض يذيب الأجسام الصلبة التى يمرّ عليها ، ولذا يحتوى ماء الينابيع والأنهار على مقادير كبيرة من المواد المذابة وأكثر منها احتواء على هذه المواد ماء البحار ، ففى اللتر الواحد من ماء نهر "التيمس" نحو ٠,٣٣ من الجرام من المواد الصلبة مع أن فى كل لتر من ماء البحر ٣٤,٩ من الجرامات ؛ ولما كان من الضرورى غالبا استعمال الماء الخالى من المواد المذابة فى المعامل الكيميائية جئنا بالطريقة الآتية لحصول على الماء النقى .

ترى أنه عند اغلاء أى محلول يجرى الماء تاركا الجسم الصاب وحده و بتكثيف البخار يحصل الماء نقيا من الأجسام المذابة فيه فاغلِ ماء الصنبور فى دورق (شكل ٣) متصل بأنبوبة منحنية داخلة فى مكثف ليبيج الذى يتركب من أنبوبة مستقيمة حولها أنبوبة أوسع منها تسمى "الغلاف" ولتبريد الأنبوبة الداخلية على الدوام يمرّ فى الغلاف تيار من الماء فيتكاثف البخار ويجتمع فى القابلة (شكل ٣) وهذه هى عملية التقطير وتستعمل بطريقة أوسع من هذه لحصول على الماء المقطر ويتخذون فى البواخر هذه الطريقة لتكوين الماء العذب من ماء البحر، والجهاز الذى يستعمل لهذا الغرض يسمى "بالانبيق" فيسخن الماء فى مرجل كبير من النحاس و يمرّ البخار الصاعد منه الى أنبوبة على شكل حلزونى تسمى "الدودة" وهى موضوعة فى حوض ينزل فيه تيار ماء بارد ويقوم الحوض والأنبوبة الحلزونية مقام الغلاف والأنبوبة فى مكثف ليبيج ويبقى الملح فى المرجل ويخرج الماء النقى من الدودة .



(شكل ٣) تقطير الماء

(٣) تعيين درجة قابلية الأجسام الصلبة للذوبان

تدريب ٦ — مقارنة درجة قابلية الأجسام الصلبة للذوبان فى الماء — قارن بالتقريب بين قابلية ذوبان الأجسام الآتيـــة فى الماء وهى : الملح الانجليزى ، والطفل ، والرمل ، والبوريك ، والكبريت ، والرخام ، ومسحوق فحم الخشب ، وشمع البرافين ، والكافور وذلك بأن تزن أنبوبة اختبار وتضع فيها نحو جرام من الجسم ثم تعين وزنه بالدقة وتبلله بقطرات قليـلة من الماء المقطر من السحاحة مرة بعد أخرى حتى يذوب ، ولا تنس أن ترج الأنبوبة كلما وضعت الماء ثم أوجد بالدقة حجم الماء الكافى لاذابة الجسم ودوّن نتيجة عملك هكذا :

...... سـ م^3 من الماء يذيب ... ... جراما من الجسم

∴ ١٠٠ سـ م^3 من الماء تذيب ... ... جراما من الجسم

واذا ظننت أن الجسم غير قابل للذوبان فاطرح الشك بأن يُرَشَّح السائل وتبخر قطرات منه على قطعة من الزجاج .

تنبيه — حذار أن تقرب أحد السوائل الآتية من النار بأى حال من الأحوال .

تدريب ٧ — القابلية للذوبان فى مذوّبات أخرى غير الماء — هل تذوب هذه الأجسام الصلبة نفسها فى الكحول(*) وفى زيت البرافين وفى البنزين ؟ واذا لزم بخر أحد هذه السوائل فسخن حمام الرمل وضع الزجاجة التى فيها السائل فوق الرمل الحار بعد أن تطفئ المصباح .

تدريب ٨ — تعيين القـابلية للذوبان — لايجاد وزن كمية ملح الطعام التى تذوب فى ١٠٠ جرام من الماء فى درجة حرارة الحجرة رج شيئا من مسحوقه الناعم فى الماء المقطر حتى يبقى جزء منـه لا يذوب بعد مرور خمس دقائق ثم زن كوبا يرشح فيه المحلول المشبع فاذا بلغ منتصفه فزنه بما فيه وبخره فى حمام مائى حتى يجف ثم دع الجسم والكوب يجفان تماما فى فرن ثم زنهما وكرر التسخين والوزن حتى يصير الوزن ثابتا لاينقص وحينئذ يمكن اعتبار الجسم جافا ويستخرج مقدار وزن الجسم المذاب فى ١٠٠ جرام من الماء بالصورة الآتية :

(*) لايمكن استعمال الكحول التجارى لهذا الغرض .

		جرامات
	وزن المحلول والجفنة ... ... =	....
	وزن الجفنة ... ... =	....
∴	وزن المحلول المستعمل ... ... =	....
	وزن الجسم الصلب والجفنة ... ... =	....
	وزن الجفنة ... ... =	....
∴	وزن الجسم الصلب الذى فى المحلول ... ... =	....
	الوزن الكلى للمحلول ... ... =	....
	وزن الجسم الصلب الذى فى المحلول ... ... =	....
∴	وزن المـاء المستعمل فى المحلول ... ... =	....

...... جراما من المـاء تذيب ... ... جراما من الجسم

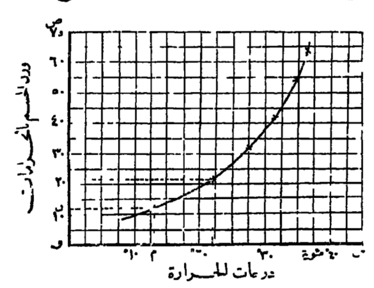
∴ ١٠٠ جرام من المـاء تذيب ... ... جراما من الجسم

تدريب ٩ — تعيين القـابلية للذوبان فى درجات الحرارة المختلفة .

(ا) لايجاد التغير الذى يحدث فى قابلية ذوبان ملح البارود عند زيادة درجة الحرارة ، خذ نحو ١٠٠ جرام من مسحوقه الناعم وجففها جيـدا فى فرن هواء ساخن ثم زن دورقا جافا وزن فيه ١٥ أو ١٦ جراما من هذا الملح المجفف ولا عبرة بمقدار ملح البارود المستعمل ما دام بين هذين الحدّين متى علم مقداروزنه بالضبط ثم ضع على زجاجات ساعة خمس كميات أخرى من ملح البارود وزن كل منها نحو ٨ جرامات وضع فى الدورق بواسطة السحاحة ٥٠ سـ م^3 من المـاء المقطر ورج الملح فى المـاء حتى ينقطع الذوبان ، فعند ذلك اغمس ترمومترا فى السائل وسخنه ببطء وحركه باستمرار وعيّن بالدقة درجة الحرارة التى تذوب عندها آخر قطعة من الملح ثم خذ احدى الكميات الخمس واعرف وزنها بالدقة وأضـفها الى المحلول وسخن ببطء حتى تذوب عن آخرها وعيّن عند ذلك درجة الحرارة أيضا وكرر هذه العملية فى كميات الملح الأخرى مدوّنا النتائج فى جدول ذى عمودين فى أحدهـا وزن جميع الملح المذاب فى ١٠٠ سـ م^3 بعد كل اضافة وفى الآخر درجة الحرارة التى تم ذوبانه فيها .

(ب) ضع النتائج التى حصلت عليهـا على الورق المقسم الى مربعات مبتدئا من اليسار عند الركن الأسفل للورقة وخذ أقساما متساوية على المستقيم الأفقى ا سـ

(شكل ٤) لتدل على زيادات متساوية فى درجة الحرارة وخذ أيضاً أقساماً متساوية على المستقيم الرأسى ا ص لتدل على عدد جرامات ملح البارود المذابة فى ١٠٠ جرام من المـاء ، وإذا كانت الورقة مقسمة الى أعشار السنتيمتر نخذ سنتيمترا واحدا على المستقيم ا س ليدل على ١٠° مئوية وسنتيمترا واحدا على المستقيم ا ص ليدل على ٢٠ جراما من الجسم ثم خذ نقطة م على ا س لتدل على أول درجة حرارة فى الجدول ونقطة ن على ا ص لتدل على عدد جرامات الملح التى أذابتها ١٠٠ جرام من المـاء فى تلك الدرجة ومن م 6 ن ارسم مستقيمين يوازيان ا ص 6 ا س وعيّن نقطة تقاطعهما بصليب رفيع يدل على درجة الحرارة ويدل أيضا على عدد جرامات الجسم المذابة فى هـذه الدرجة وتكرر هـذه العملية فى كل عددين متناظرين وارسم فى النهاية منحنيا يمرّ تقريبا بجميع الصلبان ولايكون فيه تقوّس بجائى الأمر الذى ربما أوجبنا لرسم المنحنى بين أكثر الصلبان بدلا من المرور بها واضطرنا حتى الى التساهل عن أحد الصلبان على أن وجود صليب واحد بعيدا عن المنحنى يشير من طرف الى وجود خطأ فى العمل ويسمى هذا المنحنى "بالخط البيانى لقابلية ملح البارود للذوبان" .



شكل ٤) خط بيانى لقابلية الذوبان

(ح) اوجد قابليـة ملح الطعام للذوبان فى درجات حرارة مختلفة وارسم خط القابلية ثم قارنه بنظيره فى حالة ملح البارود واشرح معنى الفرق بين الخطين .

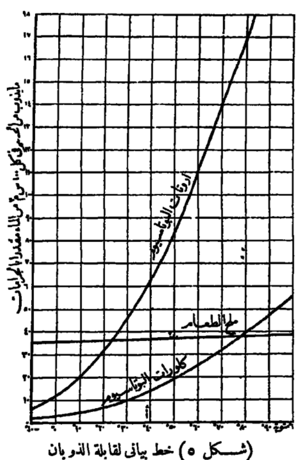
(ى) حقق صحة أحد هذين الخطين بطريقة عمليـة وذلك بأخذ أى نقطة على الخط البيانى تقع بين نقطتين من النقط التى سبقت الدلالة عليها بالصلبان وايجاد

النقطتين المناظرتين لهذه النقطة على المحورين الرأسى والأفقى دلالة على وزن معيّن من الجسم وعلى درجة الحرارة التى فيها يذيب هــذا الوزن ١٠٠ جرام من المــاء ثم خذ ١٠٠ سـ م^٣ تماما وزن مقدارا من الجسم بقدر ماقرأت على الخط وضعه فى المــاء وأنظر هل يذوب عن آخره ؟ فإذا ذاب فأضف مقدارا قليلا منه لترى هل هو مشبع أم لا ؟

المواد القابلة وغير القابلة للذوبان — يتبين من الاختبـار الذى شاهدناه فى تدريب (٧) أن بعض الأجسام الصلبة تذوب فى المــاء بسهولة وبعضها لا يذوب إلا قليلا والبعض الآخر يظهر أنه غير قابل للذوبان مطلقا ؛ فمثلا نرى أن ملح الطعام يذوب فى المــاء بسهولة وأن الملح الانجليزى يفوقه فى ذلك وأن شمع البرافين لايذوب أبدا ، وعلى وجه التقريب يمكن أن نقول : إن جميع المواد الشبيهة بالملح تذوب فى المــاء وأن جميع الفلزات لا يمكن أن تذوب ، ولقد تقوم مذيبات أخرى مقام المــاء فى إذابة المواد التى لا يمكن أن تذوب فيه كالكافور مثــلا فانه بالرغم من كونه غير قابل للذوبان فى المــاء يذوب بسهولة فى الكحول ، وكذلك شمع البرافين قابل للذوبان فى البنزين فاذا قيل إن مادة من المواد قابلة للذوبان يجب أن يذكر مع ذلك المذيب . ومن أنفع المذيبات للأجسام التى لا تذوب فى الماء الكحول ويسمى كل محلول نتج من الذوبان فى الكحول "بالصــبغة" . ويستعمل زيت التربنتينا فى اذابة القلفونيــة فتنشأ أنواع الطلاء اللامع (الورنيش) الكثيرة الاســتعمال ولكنه يستعمل الآن بدلا من زيت التربنتينا زيت البترول الخفيف لرخصــه ويذيب البنزين الدهن والزيوت بسهولة ولذا يستعمل كثيرا فى ازالة بقع الشحم من الملابس .

طرق تعيين القابلية للذوبان — من المهم عنــد الكيميائيين أن يعرفوا بالضبط مقدار الجسم الصلب الذى يمكن اذابته فى حجم معيّن من المذيب وبذا دل الاصطلاح — قابلية أى مادة للذوبان — على عدد جرامات الجسم التى يمكن إذابتها فى ١٠٠ جرام من المــاء فى درجة حرارة معيّنة ، فمثلا قابلية ملح الطعام للذوبان فى المــاء فى ١٥° مئوية تساوى ٣٥,٧ من الجرامات فى كل ١٠٠ جرام من المــاء ومعــنى ذلك أنه إذا أخذنا مقدارا من الماء فى درجة ١٥° مئوية وشبعناه بملح الطعام فإنا نجد أن كمية الملح المذاب فى ١٠٠ جرام من المــاء هى ٣٥,٧ من الجرامات .

ومن حيث ان قابلية أى مادة للذوبان فى مُذيب معلوم تختلف باختلاف درجة الحرارة يتعيّن معرفة درجة الحرارة التى تكوّن فيها المحلول بالدقة، واذا أريد معرفة قابلية جسم للذوبان فى درجة حرارة الحجرة تتبع هذه الطريقة وهى : يكوّن أوّلا محلول مشبع ويترك شئ من هذا الجسم فيه لتحقيق أن المحلول لا يمكن أن يذيب زيادة على ما أذيب فيه ثم يرشح المحلول ويوضع فى وعاء عيّن وزنه ثم يبخر فوق حمام مائى ويبحث عن وزن الجسم الحاصل ويطرح هذا الوزن من وزن المحلول فينتج وزن المـاء المستعمل فيه، ومن هذه الأوزان يمكن معرفة وزن الجسم الذى يمكن اذابته فى ١٠٠ جرام من الماء ولمعرفة تغير القابلية للذوبان بارتفاع درجة الحرارة تتبع هـذه الطريقة السريعة ولو أنها غير مضبوطة وذلك بأن تقيس حجما معلوما من المـاء وتضعه فى اناء مع كمية من الجسم بعد معرفة وزنها الذى يجب أن يكون أكثر قليلا ممـا يلزم لاشباع المـاء ثم تسخن السائل على مهل وتحرّكه على الدوام وتقرأ درجة الحرارة التى ينتهى عندها ذوبان آخر قطعة من الجسم ثم تضيف مقدارا صغيرا معلوم الوزن وترفع درجة الحرارة حتى يذوب وهلمّ جرّا فتحصل على جملة أعداد تدل على وزن الجسم المذاب وعلى درجات الحرارة التى ينتهى عندها ذوبان كل من هذه الأوزان .



(شـــكل ٥) خط بيانى لقابلية الذوبان

والنتائج التى من هذا النوع يدل عليها غالبا بخط بيانى فتوضع المشاهدات على الورق المقسم الى مربعات كما هو مبيّن فى تدريب (٩، ب) وذلك بايراد درجات الحرارة مدلولا عنها بأقسام متساوية على المستقيم الأفقى وايراد الأوزان المذابة فى تلك الدرجات مدلولا عنها بأقسام متساوية على المستقيم الرأسى (شكل ٤)، ويسمى الخط البيانى الناتج "بخط القابلية للذوبان" وبمجرّد النظر الى ذلك الخط يعرف تأثير ارتفاع درجة الحرارة على قابلية المادة للذوبان كما ترى فى خطوط القابلية لملح الطعام وكلورات البوتاسيوم وملح البارود فى (شكل ٥) .

(٤) محلول السوائل والغازات

تدريب ١٠ — قابلية السوائل للذوبان فى سوائل أخرى .

(أ) حقق إمكان ذوبان السوائل الآتية فى الماء وهى : الكحول التجارى ، وزيت البرافين ، والتربنتين ، والاتير ، والبنزين ؛ وذلك بأن تضيف نقطة من السائل الى سنتيمتر مكعب من الماء المقطر فى أنبوبة اختبار فاذا اختفت القطرة فى الماء فأضف غيرها ثم غيرها وهكذا واذا لم تختف فزدها ماء وبعد تكوين المخلوط اتركه نحو خمس دقائق على الأقل وانتظر هل ينفصل السائلان ؟ فاذا لم تفعل ذلك فربما يتبادر للذهن أنه قد ذاب وهو فى الحقيقة معلق فى صورة قطرات دقيقة .

(ب) هل كل من البرافين والزيت الحلو وزيت التربنتينا قابل للذوبان فى واحد من السوائل الاخرى المذكورة فى تدريب (١٠ ، أ) ؟ ابحث فى ذلك بالطريقة المتقدّمة .

تدريب ١١ — قابلية الغازات للذوبان فى السوائل .

(أ) سخن دورقا فيه ماء الصنبور واقرأ درجات الحرارة المتعاقبة على الترمومتر ودوّن ماترى أثناء تسخين الماء مع مراعاة درجة الحرارة التى تظهر عندها فقاقيع غازية واذكر ما الذى يكوّن الفقاقيع التى تراها عند غلى الماء .

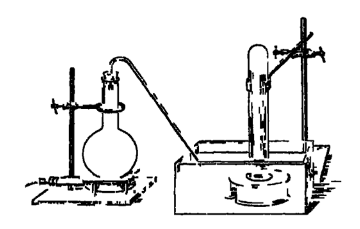
(ب) لجمع الفقاقيع الصغيرة التى ترى فى ابتداء تسخين ماء الصنبور افعل ما يأتى :

احضر كوزا كبيرا من الصفيح أو دورقا سعته لتران على الأقل وجهز أنبوبة وصل طويلة على الصورة المبينة (بشكل ٦) وثبت أحد طرفيها فى فوهة الدورق الذى فوق مصباح الغاز واغمس طرفها الآخر فى الماء الذى فى الحوض وبعد

حنيها عند ب و حـ اقطع الجزء المنقط (شكل ٦ ، ا) ثم ثبت الأنبوبة بالدورق تماما بحيث تمر بسداد من الصمغ المرن واملأ الدورق والأنبوبة تمام الملء بالماء وركب الجهاز كما هو مبين (بشكل ٧) واملأ مخبارا أو أنبوبة اختبار كبيرة بالماء وأحسن من هذين استعمال مخبار مدرج اذا أمكن ثم غط فوهة المخبار واغمسه فى ماء الحوض وهنا تجد أنه يمكن رفع طرف المخبار المسدود فوق سطح ماء الحوض بدون أن يسكب ماؤه .



(شكل ٦) أنبوبة للاستعمال فى تدريب (١١ ، ب)



(شكل ٧) جمع الغاز المذاب فى ماء الصنبور

ضع طرف أنبوبة الوصل تحت فوهة المخبار وسخن الكوز أو الدورق واجمع الفقاقيع الغازية المقذوفة منه وبعد أن يغلى الماء بضع دقائق أطفئ المصباح وأزح الدورق وأنبوبة الوصل ثم ارفع أو اخفض المخبار حتى يصير الماء فى مستوٍ واحد داخلا وخارجا ، وإذا كان المخبار مدرجا فعيّن حجم الغاز الذى فيه وإن لم يكن فعيّن سطح الماء بالصاق قطعة من الورق المغرى حذاءه وقس الحجم بعد ذلك .

(ج) وقبل متابعة العمل أجب عن هذه الأسئلة :

(١) هل يمكن أن يكون الغاز الحاصل بهذه الطريقة بخارا ؟

(٢) أى غاز يمكن أن يكون مذابا فى ماء الصنبور ؟

(٣) ما هى الغازات المعروفة التى تشابه الغاز الذى جمعته ؟

استخدم الاختبارات الآتية لمعرفة طبيعة الغاز : قسم الغاز أوّلا الى قسمين غير متساويين وذلك بملء أنبوبة أخرى بالماء وتحويل فقاعتين أو ثلاث اليها ثم شم هذا الجزء الصغير . هل له رائحة ؟ أدخل شمعة رفيعة موقدة فى الجزء الباقى من الغاز بالأنبوبة الأخرى . هل تحترق الشمعة فى الغاز كما هو الحال فى الهواء ؟ قرّر بعد هذا الاختبار غير الدقيق ، مم يتركب هذا الغاز ؟

(ى) قس حجم الماء الذى كان فى الكوز أو الدورق أوّلا وأوجد حجم الغاز الحاصل ومن هذه الأرقام احسب مقدار الغاز المذاب فى ماء الصنبور أوّلا ثم عيّن حجم الغاز الذى يمكن إذابته فى ١٠٠ سـ م^{٣} من الماء .

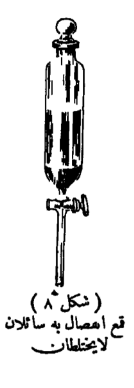
خلط السوائل — يستنتج مما سبق أن بعض السوائل كزيت البرافين والشمع مثلا اذا مزجت لاتلبث أن تنفصل تدريجيا فتكوّن طبقتين مختلفتين فيهبط أثقل السائلين مكوّنا الطبقة السفلى وبعض السوائل يذوب بوفرة فى المذيبات السائلة أى يختلط أحدها بالآخر ، وفى بعض الأحوال كما فى الكحول والماء يختلط السائلان بأى نسبة ومهما كان حجم أحدهما فانهما يكوّنان سائلا واحدا اذا حرّك تحريكا تاما يصير الامتزاج على نسبة واحدة فى جميع أجزائه لذلك يمكن إضافة الماء تدريجيا الى الكحول حتى يذوب منه ٤٠ سـ م^{٣} فى ٦٠ سـ م^{٣} من الكحول ، ويمكن أن نأخذ مقدار ٤٠ سـ م^{٣} من الماء ونذيب فيه الكحول تدريجيا آخذين ٦٠ سـ م^{٣} منه والنتيجة فى كلتا الحالتين واحدة فهو إما محلول ٤٠ ٪ من الماء فى الكحول ، وإما محلول ٦٠ ٪ من الكحول فى الماء وبهذه السهولة يمكن تكوين محلول ٦٠ ٪ أو ٨٠ ٪ من الكحول فى الماء .

وهناك سوائل أخرى تنفصل بعد مدّة من خلطها وتكوّن طبقتين ويكون انفصالها كليا كما فى زيت البرافين والماء أو جزئيا كما فى الاتير والماء فانهما يمتزجان ويكوّنان طبقتين متميزتين يمكن فصلهما بواسطة قمع التنقيط (شكل ٨) .

ولكن عند تسخين الطبقة العليا نجد أنها تغلى فى درجة ٤٠° مئوية ويتبخر أكثرها فى هذه الدرجة أيضا ثم ترتفع درجة الحرارة بالتدريج ولا تتبخر أجزاء السائل الأخيرة إلا عند وصولها الى درجة ١٠٠° مئوية ، ولما كان الاتير يغلى فى ٤٠° مئوية يتضح أن الطبقة العليا تتكوّن من اتير على الخصوص ولكن فيها بعض الماء المذاب وكذا يمكن الاستدلال على أن الطبقة السفلى تتكوّن من ماء فيه قليل من الاتير المذاب لأن جزءا منها يتبخر

فى درجة ٤٠° مئوية تقريبا فى حين أن درجة غليان الجزء الأكبر منها ١٠٠° مئوية ، وعليه فقابلية الاتير للذوبان فى المـاء قليلة كما أن قابلية المـاء للذوبان فى الاتير قليلة .

إمكان ذوبان الغازات فى السوائل — إذا سخن ماء الصنبور تخرج منه فى الحال فقاقيع كثيرة واذا زاد التسخين كبرت الفقاقيع فى الحجم وزاد عددها ويمكن جمع هذه الفقاقيع بواسطة الجهاز المستعمل فى (شكل ٧) فتمر أنبوبة الوصل من الكوز أو الدورق وتنتهى فى ماء الحوض حيث تكون فوقها اسطوانة جمع ملئت بالمـاء قبل وضعها بحيث يغمر طرفها المفتوح فى ماء الحوض فتدخل فيه الفقاقيع بمجرد خروجها من أنبوبة الوصل وترتفع فى الاسطوانة وتحل محل المـاء .


(شكل ٨)
قمع اتصال به سائلان لا يختلطان

هذه هى الطريقة المستعملة فى جمع الغازات إلا اذا كان الغاز سهل الذوبان على أن الغاز الحاصل فى هـذه الحالة يمكن أن يذوب فى المـاء ولكن بسبب تعريض ماء الحوض للهواء قد أذاب من نوع هذه الغازات ما يمكن أن يذيبه .

وعند فحص الغاز المستخرج من ماء الصنبور يرى أنه شفاف لا لون له ولا رائحة يمكن أن يشتعل فيه عود من الكبريت أو شمعة رفيعة وجميع خواصه هى خواص الهواء عينها ، غير أن معلومات الطالب لا تكفى للحكم على أنه الهواء ، ولكنه يشابهه كثيرا ويظهر من ذلك أن المـاء قد أذاب من الهواء وهو معرض له ٢ سـ م٣ فى كل ١٠٠ سـ م٣ من المـاء فى درجات الحرارة المعتادة على أن قابلية غاز الاستصباح للذوبان أقل من قابلية الهواء لهـا .

ولمـا كان ماء الصنبور يسخن لاخراج الهـواء المذاب فيـه لزم أن يكون الهواء أقل قابلية للذوبان فى المـاء الساخن منـه فى البارد ، ويرى عند فتح زجاجات ماء الصودا أن غازا كثيرا يصـعد وإذا تركت زجاجة مفتوحة مدّة لا تظهر فى السائل فقاقيع أخرى ولكن اذا أدفئ يصـعد مقدار آخر منـه وتدلنا هذه الأمثلة على الحقيقة العامة المختصة بالغازات وهى أنها تصير أقل قابليـة للذوبان كلما رفعت درجة الحرارة وهى خَصّية تخالفها فيها أكثر الأجسام الصلبة .

أسئلة على الباب الأول

(١) إذا كان لديك جسم صلب فاشرح ماذا تفعله لبيان قابلية ذوبانه فى الكحول ؟

(٢) اشرح طريقة تجهيز الماء المقطر وارسم شكل الجهاز المستعمل فى المعمل لهذا الغرض واذكر كيف يستعمل ؟

(٣) كيف تستدل على وجود غاز مذاب فى ماء الينابيع ؟ اشرح كيف يمكنك ازاله هذا الغاز المذاب ؟

(٤) إذا انفصل سائلان تدريجا بعد رجهما معا وكونا طبقتين مختلفتين فما الذى تفعله لتعرف هل ذاب أحد السائلين فى الآخر؟

(٥) كيف تعيّن قابلية جسم صلب للذوبان فى الماء ؟

(٦) مامعنى كلمة "محلول مشبع" ؟ اشرح ما تفعله لاعداد محلول مشبع بملح البارود فى الماء .

(٧) اشرح كيف يختلف ماء البحار والأمطار والينابيع فى التركيب ؟

(٨) كيف تحقق أن فى عينية من الماء مواد صلبة مذابة ؟

(٩) ما المحلول المشبع ؟ اشرح بالدقة ما تفعله : (أ) لتجهيز محلول مشبع بملح الطعام فى الماء فى درجتى صفر ومائة مئوية على الترتيب ؛ (ب) لتعيين قابلية ذوبان الملح فى الماء بالدقة فى الدرجتين المذكورتين باستخدام المحلولين اللذين جهزتهما .

(١٠) ميّز المواد المعلقة فى الماء من المواد المذابة فيه واذكر كيف تجعل الماء صالحا للشرب : (أ) اذا كان عكرا ؛ (ب) اذا كان مرا أو كان ملحا .

(١١) ما التجارب البسيطة التى تعملها لتميز الماء المقطر من ماء الصنبور العادى ؟

(١٢) إذا أعطيت مقدارا من الجبس وأردت تعيين قابليته للذوبان فى الماء فى درجة ٢٠° مئوية فاشرح بالتفصيل ما تعمله لذلك .

(١٣) إذا أعطيت عينية من الماء العكر فكيف تبيّن أن فيه ملحا مذابا ؟ وكيف يحصل منه على الماء النقى ؟

(١٤) ارسم شكل جهاز يستعمل لتقطير مقادير قليلة من الماء واذكر الغرض من تقطير المياه .

(١٥) من المشهور أن فى ماء البحر الرائق ملحا ذائبا فكيف تحصل على عينية من الملح منه ؟ وكيف تعيّن وزن الملح الذى فى لتر منه ؟

تمارين عملية

(١) قارن بين مقادير الأجسام الصلبة المذابة فى ماء مقطر وماء مطر وماء نبع وماء نهر ، واذا لزم رشح السوائل لإزالة الأجسام الصلبة المعلقة فيها فافعل .

(٢) عيّن قابلية بلور الشب وكلورور الكلسيوم للذوبان فى درجة حرارة المعمل بطريقة تدريب (٩ ، أ) .

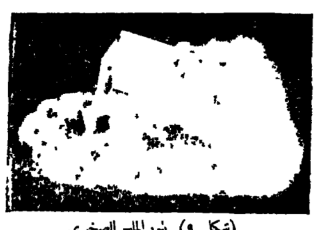
(٣) قارن بين قابلية ذوبان كلورور الأمنيوم فى درجة حرارة ٢٠ و ٤٠ و ٦٠ و ٨٠ مئوية متبعا الطريقة المبينة فى تدريب (٩ ، أ) وبين النتائج بالرسم البيانى .

الباب الثانى — التبلور

(٥) البِلّوْرُ وتكوينه

تدريب ١٢ — فحص أنواع البلورات .

(أ) استحوذ على ما أمكنك من أنواع البلورات الآتية وهى : الملح الصخرى ، والكوارس ، والفلورسبات ، والجالينا ، والكالس ، والشب ، وشب الكروم ، والجبس ، والباريت (السبات الثقيل) ، وكلورات البوتاسيوم . خذ بلورات جيدة من كل نوع بشرط أن تكون جميع أوجهها مستوية غير مكسرة وغير خشنة واذكر هل لها شكل هندسى معين كالمكعب وأنواع المنشورات مثلا ؟ ثم انظر هل البلورات التى من مادة واحدة تشابه بعضها بعضا من حيث التشكل مع اختلافها فى الحجم ؟



(شكل ٩) بلور الملح الصخرى

(ب) قارن بين عدة بلورات جيدة متحدة المادة ولاحظ مقدار زوايا ميل أوجهها بعضها على بعض وقس هذه الزوايا فى بلور الملح الصخرى والجالينا والكلس .

(ح) أشبع كمية قليلة من الماء بمسحوق ملح الطعام وضع قطرات من المحلول على زجاجة ساعة واتركها تجف تدريجيا فى مكان دفىء وبعد أن يتبخر نصف السائل تقريبا اختبر أطراف ما بقى منه بواسطة عدسة أو مكروسكوب ليس فى درجة عظيمة ثم قارن ما ترى من البلورات الصغيرة بالبلورات الكبيرة للمادة نفسها .

(ى) افحص نماذج من الزجاج والسليس وفحم الخشب والفسفور الأحمر وبيّن كيفية اختلافها عن المواد التى سبق شرحها فى تدريب (١٢ ، أ) ؛ واذا وجدت للزجاج شكلا هندسيا فبيّن هل هو طبيعى أو صناعى ؟

(ه) احضر محلولا مشبعا بالشب فى درجة حرارة تزيد على درجة حرارة الحجرة خمس درجات مئوية تقريبا واتركه الى أن تبتدئ البلورات فى التكوّن ثم افحص البلورات وانتق بلورتين من أحسن الأشكال ثم ردهما الى المحلول واضعا إحداهما فى قعر الدورق كما كانت ومعلقا الأخرى بخيط أو بشعرة حصان معقودة بعود كبريت موضوع على فوهة الدورق واتركهما بضعة أيام وفى أثناء ذلك جهز محلولا آخر مشبعا فى درجة ٧٠° مئوية وبرّده بسرعة بماء من الصنبور ينحدر على سطح الدورق الذى فيه المحلول ثم خذ بعض البلورات وجففها فى ورق التنشيف وقارنها بالبلورات التى نمت ببطء . وأنظر أيهما أكبر وأحسن تكوينا وكذلك قارن البلورة التى نمت على شعرة الحصان بالبلورة التى تكوّنت فى قعر الدورق واذكر سبب أى فرق تجده بينهما واحتفظ بالبلورات لاستعمالها فى المستقبل .

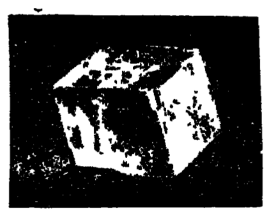
(و) اختبر أطراف عود من الخارصين جديدة الكسر وصف ما يظهر لك من البلورات وارسم وقارن ذلك بما تراه فى عود من الصودا الكاوية المكسورة كسرا جديدا .

تنبيه — لا ينبغى أن تلمس الصودا الكاوية أكثر مما تستوجبه الضرورة ويجب ردها الى زجاجتها بأسرع ما يمكن .


(شكل ١٠) بلور الشب

المواد البلورية — إذا أخذ الجسم شكلا هندسيا ثابتا كالمكعب أو ذى الثمانية الأوجه فانه يسمى "بالبلور" ولا يطلق هذا الاسم على كل مادة تسبك وتصاغ على أشكال هندسية كالزجاج الصلب مثلا والأحجار الكريمة كالماس قد تسوى على أشكال هندسية مغايرة أشكالها الطبيعية ، وإنا لنجد كثيرا من المواد المستعملة دائما على أشكال بلورية كالسكر والملح

والباج ، وباستعمال عدسة نرى أن كثيرا من الصخور كالجرانيت مكوّن من بلورات كما يمكن أن نرى بلورات فلز الخارصين أحيانا على سطح الحديد المكلفن أى الصاج المغطى بطبقة رقيقة من الخارصين .



(شكل ١١) بلور الكاس



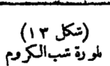
(شكل ١٢) بلور الزاج الازرق

ويدل فحص كثير من المواد كالكوارس (شكل ١٠٥) والملح الصخرى (شكل ٩) على أن البلورات هى أجسام رائقة شفافة مع أنها أحيانا ملوّنة وتتشكل بأشكال متنوّعة كالمكعب كما فى الملح الصحرى وذى الثمانية الأوجه كما فى الشب وكالمنشور السداسى كما فى الكوارس الذى ينتهى عند أطرافه بهرم ذى ستة أوجه وكالمعين الأوجه كما فى الكاس (شكل ١١) وهناك أشكال أخرى أكثر تعقيدا فى شكلها كالزاج الأزرق (شكل ١٢) ومن أنواع البلورات ما هو معتم كالجاليبا والبيريتز (شكل ١١٢) .

ويختلف عن الأجسام السابقة اختلافا كليا مواد أخرى لا شكل لها كالرخام وحجر الصوّان وفحم الخشب وتسمى "غير المتبلورة" أى التى لا شكل لها .

نموّ البلور — قليل من البلور يظهر فى شكله الهندسى المخصوص تماما إذا لامس أثناء نموّه أجساما أخرى ، فالبلور الذى يتكوّن على سطح مستو كقعر دورق يكاد نموّه نحو الجانب اللاصق بالقعر يكون معدوما وبذا تراه أكثر فرطحة مما ينمو معلقا فى المحلول وإذا ازدحمت البلورات منع بعضها نموّ بعض وإذا جُعل محلول مركز من الملح فى حرارة عالية وبُرِّد بسرعة ترى البلورات صغيرة لأنه لم يمض عليه الوقت الكافى لنموّها وتراها أيضا متشوّهة الشكل لأن بعضها يعترض طريق بعض وبهذه الطريقة يُكوّن ملح طعام المائدة وبخلاف ذلك البلورات الكبيرة فانها تتكوّن وتنمو ببطء عظم كالملح الصخرى والكوارس وغير ذلك .

وللحصول على بلورة كبيرة منتظمة الشكل يصنع محلول كما هو مبين بتدريب (١٢ ، هـ) فيه من الجسم أكثر بقليل مما يمكن أن يذوب فى المحلول فى درجة حرارة الحجرة وتدلى فى المحلول بلورة صغيرة منتظمة الشكل معلقة فى شعرة حصان أو خيط وقد حصل بهذه الطريقة على بلورة الشب الكرومى (شكل ١٣) .



(شكل ١٣)
بلورة شب الكروم

كل الأجسام ، إلا قليلا ، يمكن تبلورها وكذلك يمكن اعتبار المواد غير البلورية كالزجاج مثلا سوائل ثخينة لزجة تشبه القار أو الشمع الأحمر اللذان يسيلان إذا تركا مدة طويلة من الزمن مع أن كلا منهما يظهر أنه صلب والمقدار اللازم من الحرارة لتليين الزجاج وجعله مماثلا لسائل لزج قليل إذا قورن بغيره ، ومن المتعذر إيجاد درجة حرارة محدودة عندها يتحول الزجاج من صلب الى سائل أو بالعكس .

(٦) فى المواد المتبلورة

تدريب ١٣ — تأثير الحرارة فى البلورات .

(ا) سخن جانبا من بلورات الشب فى أنبوبة اختبار صغيرة وصف المواد التى حصلت عليها بعد التسخين .

(ب) اجتهد فى أن تستخرج السائل الذى ينتج من تسخين الشب وذلك بأن تلوى أنبوبة من الزجاج طولها نحو ٢٠ سـ م وتجعلها على شكل زاوية قائمة (شكل ١٤) بشرط أن يكون طول أحد ذراعيها كافيا لأن يدخل فى سداد من الصمغ المرن وأن يكون السداد مثبتا تماما فى فوهة أنبوبة اختبار جافة مملوءة الى نصفها بالشب المسحوق ويكون الطرف الآخر للأنبوبة داخل أنبوبة اختبار ثانية مجففة . برد هذه الأنبوبة الأخيرة فى الماء (شكل ١٤) واقبض على أنبوبة الشب بمقبض حامل واجعلها منحدرة قليلا عند الفوهة ثم أدفئ الشب رويدا محركا المصباح دائما حتى لا يسخن جزء أكثر من غيره وبعد قليل زد تسخينه الى أن يجتمع فى الأنبوبة المبردة نحو ٣ أو ٤ سـ م^3 من السائل .

شب

(شكل ١٤) تأثير الحرارة فى بلور الشب

(ح) اوجد درجة حرارة غليان هــذا السائل بالطريقة المتبعة فى البـاب الثالث (تدريب ١٨ ، أ) ثم ضع الترمومتر فى الأنبوبة التى فيها السائل واجعلها فى مخلوط من الجليد والملح حتى يجمد ثم انزع أنبوبة الاختبار من المخلوط المتجمد وأوجد درجة حرارة انصهار السائل المتجمد كما هو مبين بتدريب (١٧ ، ب) .

والآن عيّن اسم السائل الحاصل بالتسخين بعد الذى علمت .

(ى) لأجل أن تحقق صحة ما قررت سخن الشب فى وعاء الى أن يزول السائل الذى فيه وأذب المسحوق المجفف فى قليل من المـاء واجتهد أن تحصل من المحلول على بلورات كبلورات الشب العادى .

(هـ) من هذه المعلومات حقق هل بلورة الشب مادة واحدة أو عدة مواد مجتمعة ؟

(و) سخن فى أنبوبة اختبار بلورة الملح الصخرى واذكر كيف تختلف عن الشب عند تسخينها . وكذا سخن ملح البارود وبيّن أوجه الشـبه والاختلاف فى تأثير الحرارة فيه وفى الشب واذكر أسباب استنتاجك .

(ز) ابحث فى تأثير الحرارة على الزاج الأزرق واسـتخرج السائل الذى يفقده عنـد تسخينه وعيّنه ثم بيّن التأثير الذى يحدث فى الزاج الأزرق من ضياع هذا السائل وعزز قولك بالدليل العملى .

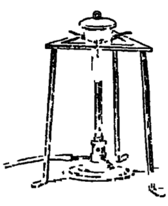
جهز نموذجا من مسحوق الزاج الأزرق المعتاد الذى تكوّن فى (ز) ، وبيّن أخيرا هل سلك الزاج الأزرق مسلك الشب أو الملح الصخرى أو ملح البارود عند تسخينه ؟

(ح) أحضر بلورات المواد الآتيـة التى يجب أن تكون قد وضعت فى مكان دَفِئ او جففت بحرارة قليلة جدّا ، وها هى : الملح الانجليزى ، والصودا المسـتعملة فى الغسيل (بلورات كربونات الصوديوم) ، والزاج الأخضر ، والجبس ، وكلورات البوتاسيوم ، والباريت ، وبقدر ما يسمح الزمن سخنها وعيّن نوع السائل الذى فى كل منها اذا كان هناك سائل واذكر هل تتصهر بسهولة عند تسخينها ؟

تدريب ١٤ — النقص فى وزن الملح الانجليزى عند تسخينه — عيّن النقص الذى يحدث فى الملح الانجليزى وذلك بأن تزن كمية تساوى جراما تقريبا وتضعها فى بودقة صغيرة وتسخنها (شكل ١٥) تسخينا يسيرا أولا ثم يشتدّ التسخين مدة ١٠ دقائق

تقريبا ثم زن البودقة عند ما تبرد وسخنها ثانيا ثم زنها وحينما يبلغ الوزن حدّه الأقصى فى النقصان عيّن مقدار النقص واحسبه فى ١٠٠ جرام من الملح المستعمل .

ماء التبلور — لا يكون تأثير الحرارة فى أنواع البلورات المختلفة واحدا فبعضه كالبورق أو الشب ينصهر بسهولة ويغلى اذا زدت تسخينه وبعضه كملح البارود لا ينصهر إلا بعد أن ترفع درجة حرارته كثيرا وبعضه كالملح الصخرى عسير الانصهار حتى ان الزجاج الذى يسخن هو فيه أسهل منه انصهارا ، ويلاحظ فى حالات مخصوصة أنه عند التسخين يتجمع سائل رائق على الجوانب الباردة للأنبوبة ، ويمكن تكثيف هذا السائل وجمعه فى أنبوبة ثانية (شكل ١٤) ، ويلاحظ أن مظهره ودرجتى حرارة الغليان والتجمد فيه كما فى الماء سواء ويسمى هذا السائل "بماء التبلور" وهو فى كثير من البلورات المعروفة ويسمى الجسم الجاف الذى يبقى بعد التسخين "باللامائى" . وإذا أذيب هذا الجسم فى الماء أمكن الحصول منه ثانيا على بلورات فيها ماء .



(شكل ١٥)
بودقة فوق مصباح بنزن

على أن هناك موادا كثيرة لا تحتوى على ماء التبلور كالملح الصخرى وملح البارود وبعض هذه المواد لا يتغير بالتسخين وبعضها ينصهر بسهولة إلا أن السائل الذى ينتج لا يحتوى على ماء فليس إذن من الضرورى وجود ماء التبلور فى البلورات ومع ذلك فجميع الأجسام التى تكون بلورات بها ماء التبلور يمكن الحصول عليها فى شكل بلورى مجرّدا من هذا الماء ، فمثلا المادة اللامائية الناتجة من تسخين الزاج الأزرق يمكن الحصول عليها فى شكل بلورى أبيض يكاد يكون عديم اللون ، وهذا مثال من الأمثلة الكثيرة التى فيها يتوقف لون البلور على ماء التبلور الذى فيه كما ترى من نقد الزاج لونه الأزرق بعد طرد هذا الماء منه ، ولا يمكن ارجاع لونه إلا إذا أذيبت المادة اللامائية فى ماء وتبلورت ثانية ، وهنا يجب أن نعلم أن الماء ليس جزءا ضرورى الوجود فى جميع أنواع البلورات .

(٧) التميع والتزهر

تدريب ١٥ — المواد التى تمتص الماء .

(ا) زن فى زجاجة ساعة جانبا من بلورات كلورور الكلسيوم وغطها بقطعة ورق لمنع التراب واتركها بضع ساعات ثم زنها ثانية واختبر شكلها واذكر سبب ما ترى من

التغير فى الوزن واذكر أيضا هل ينتج التغير فى شكل البلورات الجافة إذا تركت فى زجاجة صغيرة جافة محكمة الاقفال ؟ وبعد تركها كذلك مدة افحصها ثم أدخل فى الزجاجة قطعة من الورق منداة بالماء بحيث لا تمس البلورات واقفل الزجاجة ولاحظ التأثير الذى يحدث فى البلورات بعد بضع ساعات، واذكر ما نوع السائل الذى يتراكم على البلورات عند تركها معرضة للهواء الخالص ؟

تنبيه — يجب تناول زيت الزاج بالدقة والاعتناء ولا ينبغى بحال أن يلمس الجلد أو الملابس أو كفة الميزان أثناء استعمالها .

(ب) زن فى كوب بعض سنتيمترات مكعبة من زيت الزاج المركز (حامض الكبريتيك) وغطها بورقة وزنها ثانية بعد بضعة أيام واذكر كيف تعلل التغير فى الوزن ؟

تدريب ١٦ — البلورات التى تفقد ماء التبلور — انتق جانبا من بلورات الشب تام الشفوف وزنه فى زجاجة ساعة واتركه فى الهواء مغطى بغطاء خفيف من الورق لمنع التراب وبعد أيام افحصه ولاحظ التغيرات التى حصلت فى وزنه ومنظره ثم قارن المسحوق الأبيض الناشئ بالمسحوق الذى نتج من تسخين بلورات الشب وابحث هل يحدث التغير فى مظهر البلورات ؟ (١) بوضعها وحدها فى زجاجة مقفلة ؛ (٢) بوضعها فى زجاجة مقفلة مع كلورور الكلسيوم الجاف من غير ملامسة، وليكن اختبارك للمادتين بعد بضعة أيام ثم اذكر ما حصل لكلورور الكالسيوم ؟ ومن هنا بيّن ما يحدث إذا تركت بلورات الشب والصودا المستعملة فى الغسيل فى الهواء .

المواد المتميعة والمتزهرة — قليل من البلورات يبقى من غير تغيّر إذا ترك معرّضا للجوّ فبعضها مثل كلورور الكلسيوم يبتل ويذوب فى السائل الذى يتراكم حوله وينجم من هذا التغير زيادة بيّنة فى وزن الجسم ولا يحدث هذا إذا وضع الجسم فى زجاجة جافة محكمة الاقفال ولكن إذا وضعت قطعة من ورق التنشيف منداة بالماء فى الزجاجة فإن التغير يحدث فى الحال فيظهر أن هذه البلورات تمتص الماء من الهواء الذى فيه شئ من الرطوبة دائما، ويقال فى هذه الحالة إن المادة تتميّع ويشترك مع هذه الأجسام فى خصية امتصاص الماء من الهواء بعض السوائل كزيت الزاج .

وهناك بلورات أخرى تفقد بريقها وتبيّض أو تشهب اذا عرضت للهواء كما تفقد بعض وزنها، فيقال انها تتزهر وجميع البلورات التى من هذا النوع تحتوى على ماء التبلور، فمثلا بلورات الصودا المستعملة فى الغسيل لا تتغير اذا وضعت فى زجاجة مقفلة ولكنها

تفقد بريقها إذا وضع معها كلورور الكلسيوم الذى يبتدئ فى أن يتميّع فى الحال ، ومن حيث إن التميّع ناتج من امتصاص كلورور الكلسيوم للماء يرى أن التزهر ناتج من فقدان المـاء فكل بلورة تتزهر تحتوى على ماء التبلور .

أسئلة على البـاب الثـانى

(١) ما معنى كلمة ماء التبلور ؟ وكيف يمكن الاستدلال على وجوده فى البلورة ؟

(٢) وضح توضيحا تاما الفرق بين الأجسام المتبلورة والأجسام غير المتبلورة واذكر أمثلة لكل منهما وبيّن الفرق الذى تشاهده بينهما عند تسخينهما .

(٣) إذا سخنت بلورات الزاج الأزرق انقسمت الى أجسام صلبة بيضاء وسائل عديم اللون فكيف تعلل هـذا التغيّر ؟ اشرح الطريقة التى بهـا يمكن الحصول على بلورات زرقاء مرة ثانية من الأجسام الصلبة البيضاء .

(٤) اذكر جسمين تحتوى بلوراتهما على ماء التبـلور وبيّن السبب فى ظهور مسحوق أبيض على سطح بلورات الصـودا المستعملة فى الغسيل مثلا بعد تعرّضها للهواء ثم اذكر جسمين متميّعين ووضح معنى كلمة "تميّع" .

(٥) ما السبب فى كون كلورور الكاسيوم المنصهر يستعمل فى تجفيف الهواء وبعض غازات أخرى ؟

تمـارين عمليـــة

(١) افحص المواد الآتية وبيّن هل هى متبلورة أم لا ؟ وهى : البورق ، والجير ، والطباشير الفرنسى ، والرخام ، وكبريت العمود ، وزهر الكبريت ، والنشا ، والدقيق ، والجرانيت ، والحفاف ، والمرتك الذهبى .

(٢) سخن المواد الآتيـة واذكر هل تحتوى على ماء التبلور أم لا ؟ وهى : الكلس ، وكبريت العمود ، وملح النوشادر ، والكوارس ، والجرانيت ، وكلورور الكلسيوم ، والمرتك الذهبى .

(٣) هل المواد الآتيـة متميّعة أم متزهرة ؟ وهى : الصودا المستعملة فى الغسيل ، والزاج الأزرق ، وملح الطعام ، والصودا الكاوية ، وملح جلوبير .

(٤) اجتهد أن تحصل على بلورات كبيرة منتظمة من الزاج الأزرق والشب الكرومى .

الباب الثالث – الخواص الطبيعية للمواد

تحقيق ذاتية المواد بواسطة خواصها الطبيعية

أهمية علم الطبيعة لطلاب الكيمياء — مع أن موضوع هذا الكتاب هو الكيمياء يرى الطالب فى كل صفحة من صفحاته تقريبا عبارات مثل "الخواص الطبيعية" و "التغير الطبيعى" وهكذا وليس بعسير أن نفهم سبب تداخل علم الطبيعة فى الكيمياء بهذه الكيفية فان العلوم على وجه العموم تنقسم الى مباحث عدة ليتسنى تحصيل ما نريد معرفته بسهولة ، فترى أن علوم الطبيعة العامة تنقسم الى أقسام مختلفة كعلم النبات ، وعلم الحيوان ، وعلم طبقات الأرض ، ومن هذه الأقسام علم الطبيعة وعلم الكيمياء وهما وإن كانا من أقسام الطبيعة العامة يمكن تسميتهما "علمى الطبيعة" تمييزا لهما عن العلوم المختصة بالطبيعة الحيّة فى أشكالها المختلفة على أننا مهما قسمنا معارفنا فى الطبيعة فالطبيعة نفسها تأبى هذا التقسيم ، فبينما ينقب الباحث فى علم طبقات الأرض عن تاريخها إذ يعثر فى الصخر على بقايا النباتات والحيوانات فيضطر الى أن يضيف الى معارفه فى هذا الموضوع معلومات تتعلق بعلمى النبات والحيوان وليس هذا كل ما فى الأمر فإن بعض الجيولوجيين ينصبون أنفسهم لتعرف الحفريات النباتية وبعضهم ينقطع لمعرفة الحفريات الحيوانية وهكذا ترى أن كثيرا من الحقائق التى تختص بعلم الطبيعة وحده نافعة جدّا فى علم الكيمياء ، فكون الزجاج مثلا غير قابل للذوبان فى أكثر السوائل وكون درجة حرارة انصهاره عالية مما يختص بعلم الطبيعة ولكن كل طالب من طلاب الكيمياء يجب أن يعرف ذلك وإلا ما حفظ السوائل فى قنينات زجاجية ولما سخن المواد فى أنابيب من الزجاج .

وعلم الطبيعة يهم فى معرفة علم الكيمياء فاذا كُشفَت مادة جديدة لزم وصفها تماما حتى يمكن تحقيق ذاتيتها ومعرفتها وما وصف المادة إلا سرد خواصها الطبيعية كاللون والشفوف والشكل البلورى واليُبْس وما شاكل ذلك ، على أن قولك إن هذه المادة صلبة أو سائلة أو غازية إنما هو حقيقة طبيعية كما لو قلت إن الزجاج جسم عديم اللون شفاف يابس غير متبلور .

المقادير الطبيعية الثابتة — وصف الخواص الظاهرة لا يكفى لتحقيق ذاتية المادة ولكنه يسهل ذلك كثيرا إذا علمنا مقاديرها الطبيعية الثابتة أى خواصها الطبيعية

التى يمكن تقديرها والتعبير عنها بالأعداد كالكثافة فى الجسم الصلب ودرجة حرارة الغليان فى السائل ولقد سبق فى تدريب (١٣ ، ج) صفحة (٢٠) أن استخدمنا المقادير الطبيعية الثابتة للسائل الشفاف العديم اللون الذى نتج من تسخين بلور الشب لأنه لما كان هناك سوائل كثيرة شفافة عديمة اللون لزم لتحقيق ذاتية هذا السائل أن تقاس بعض مقاديره الطبيعية الثابتة وهى الكثافة ودرجتا حرارة غليانه وانصهاره بعد تجمده ولما وجد أن كثافته هى الوحدة وأن درجة غليانه هى ١٠٠° مئوية تقريبا وأن درجة انصهاره بعد التجمد هى الصفر المئوى علمنا أن هذه هى المقادير الطبيعية الثابتة للماء ، ويمكن تحقيق ذاتية أكثر السوائل باستعمال طرق مشابهة لهذه وتحقيق ذاتية الأجسام الصلبة بكثافتها ودرجة حرارة انصهارها وقابليتها للذوبان فى بعض السوائل أو بشكلها البلورى فى بعض الحالات ويمكن أيضا تحقيق ذاتية الغازات بكثافتها وقابليتها للذوبان وفى الأحوال التى تتحول فيها الى سوائل .

ولا نريد فى هذا المقام أن نشرح طرق ايجاد المقادير الطبيعية الثابتة المألوفة لمن تعلم شيئا من الطبيعية وانما نستثنى من ذلك طرقا خاصة واجبة الاستعمال فى الكيمياء كطريقة ايجاد درجة حرارة غليان سائل موجود منه كمية صغيرة جدا وكطرق أخرى لا ينتظر أن يعرفها من يتلقى دروسا ابتدائية فى الطبيعة وذلك كطريقة ايجاد كثافة الغازات أو ايجاد قابلية ذوبانها .

(٨) الطرق المستعملة فى تحقيق ذاتية الأجسام الصلبة والسوائل

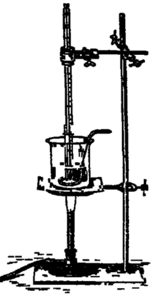
تدريب ١٧ — تعيين درجة حرارة الانصهار .

(ا) اخلط جليدا مجروشا بمقدار من الملح فى اناء صغير أو فى كوب وغط مستودع الترمومتر بالمخلوط واقرأ درجة الحرارة ودوّن ما شاهدت ويسمى المخلوط الذى صنعته "بالمخلوط المبرد" .

(ب) انتق قطعة من الفلين تصلح لسدّ أنبوبة اختبار واثقبها ثقبا مناسبا ينفذ منه ترمومتر بحيث يصل الى قعر أنبوبة الاختبار تقريبا ثم صب فى الأنبوبة مقدارا من الماء المقطر يكفى لتغطية مستودع الترمومتر وضع الأنبوبة فى المخلوط المبرد وبذا جمّد الماء المقطر ولاحظ درجة الحرارة من حين لآخر .

وبعد أن يجمد جميع الماء سخن قعر أنبوبة الاختبار بيدك حتى تنفصل قطعة الجليد الاسطوانية ويمكن رفعها عالقة بالترمومتر وفى أثناء انصهار الجليد فى الهواء لاحظ درجة الحرارة .

(حـ) سخن أنبوبة اختبار فى وسطها بلهب البورى وقلبها دائما بسرعة الى أن يصير الزجاج لينا فى جميع أجزائه ثم اسحب الزجاج اللين بخفة فى الأول ثم مُطّه بسرعة الى أن ينبسط ذراعاك وجزئ الأنبوبة الدقيقة الحادثة الى أجزاء كل منها ١٠ سـ م تقريبا ثم أذب قطعة صغيرة من شمع البرافين فى جفنة واغمس طرف إحدى الأنابيب الدقيقة فيه واترك الشمع يجمد فى الأنبوبة ثم ضع كُوَيبا فوق حلقة الحامل المفصلى بعد أن تضع فوقها شبكة معدنية لتسخين الكويب من تحت هذه الشبكة (شكل ١٦) واملأ الكويب الى منتصفه بالماء وأدخل فيه مستودع الترمومتر وثبته فى مكانه بحابس مركب فى الطرف الأعلى من الحامل المفصلى ثم ألصق أنبوبة شمع البرافين بساق الترمومتر بحيث تنغمس فى الماء وربما تلتصق بالساق بنفسها اذا كانت مبللة بالماء وإلا فثبتها فى مكانها بحلقة رفيعة من الصمغ المرن وجهز محركا منحنيا من قضيب من الزجاج وحرّك به الماء على الدوام .



(شكل ١٦)
تعيين درجة حرارة الانصهار

سخن الماء تسخينا بطيئا على نار ضعيفة وحرّكه حتى تكون درجة حرارة اجزائه واحدة وراقب الشمع مراقبة فإذا ما رأيته آخذا فى الانصهار فاقرأ درجة الحرارة حالا وأبعد النار وإذا لم ينصهر الشمع جميعه فلاحظ درجة الحرارة التى ينصهر فيها عن آخره ودوّن النتيجة هكذا :

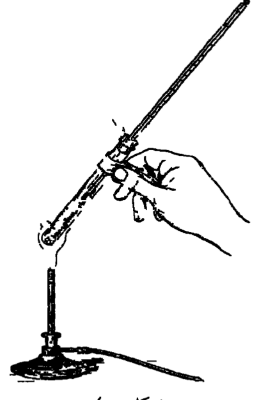
درجة حرارة انصهار شمع البرافين = ...° مئوية

(د) استخدم الجهاز السابق فى ايجاد درجة حرارة انصهار الكبريت واستعمل الجليسرين بدلا من الماء الذى يغلى فى درجة أقل من درجة انصهار الكبريت .

تدريب ١٨ — تعيين درجات حرارة الغليان .

(ا) كوّن أربع حزات عميقة على طول الفلين المستعمل فى جهاز تعيين درجة الجمود وذلك بعد أن تنزع الترمومتر منه (شكل ١٧) ثم رد الترمومتر الى مكانه بحيث يكون المستودع فى منتصف أنبوبة

(شكل ١٧)
فلين مجهز للاستعمال فى تدريب (١٧)



(شكل ١٨)
تعيين درجة حرارة على سائل

الاختبار بعد وضع الفلين في فُوّهتها (شكل ١٨) ولف حول مستودع الترمومتر قطعة صغيرة من القطن المندوف وضع قليلا من السنتيمترات المكعبة من الماء المقطر فى أنبوبة الاختبار وأضف الى ذلك قطعة من الطفل ليسهل انتظام الغليان وسخن الأنبوبة على لهب ضعيف الى أن يغلى الماء ويصعد البخار من حزات الفلين وهنا اقرأ درجة الحرارة بالضبط .

(ب) خذ قليلا من الخل وأوجد درجة حرارة غليانه بالجهاز المستعمل فى تدريب (١٨ ، أ) لنفس الغرض .

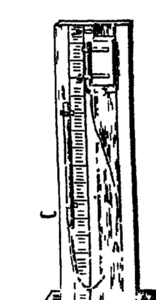
(ح) عيّن درجة حرارة غليان الكحول التجارى بالطريقة عينها .

درجات حرارة الانصهار والغليان — شرحنا الطرق التى بها يمكن ايجاد درجة حرارة انصهار الأجسام الصلبة ودرجة غليان السوائل اذا وجدت منها كميات صغيرة فقط ويمكن غالبا تعيين هاتين الدرجتين الثابتتين بمقدار واحد من المادة لأن الجسم يمكن صهره أولا ثم ايجاد درجة حرارة غليان السائل الحاصل وكذا يمكن تجمد السائل أولا بوضعه فى مخلوط مبرد ثم ايجاد درجة الحرارة التى يذوب فيها الجسم الجامد .

وقد يعسر فى الغازات ايجاد هذه المقادير الثابتة لأن كثيرا من المعروف منها اذا أريد إسالته يحتاج الى درجات حرارة منخفضة جدّا حتى يتعسر الوصول اليها فى المعامل العادية وفى مثل هذه الحالة تُعيّن كثافة الغاز أو قابليته للذوبان فى سائل كالماء ويرى الطالب فيما يلى شرح طرق ايجاد كثافة الهواء وغاز الاستصباح وقبل البدء فى ذلك يجب أن نعرف ما يطرأ على الغازات من التأثير بسبب تغيّر الضغط ودرجة الحرارة .

(٩) قياس حجم الغازات

تأثير تغيّر الضغط على حجم الغازات — يمكن بحث نتيجة تغيّر الضغط الواقع على الغاز بالطريقة الآتية وهى : توصل الأنبوبة الزجاجية ا ب المسدودة فى أحد



(شكل ١٩)
جهاز لتعيين تأثر حجم الغاز
بسبب تغير الضغط

طرفيها بالأنبوبة الثانية حـ ى المفتوحة فى كل من طرفيها بواسطة أنبوبة سميكة من الصمغ المرن وتملأ الأنابيب زئبقا ويكون كل من ا ب ، حـ ى فى وضع رأسى كما فى (شكل ١٩) بشرط أن يكون فى الأنبوبة ا ب مقدار معيّن من الهواء .

وتوضع الأنبوبة حـ ى بحيث يكون سطح الزئبق فيها محاذيا سطح الزئبق فى الأنبوبة المقفلة ا ب التى يكون الهواء المحبوس فيها إذ ذاك واقعا تحت الضغط الجوى ويقاس هذا الضغط بارتفاع البارومتر وتنئذ ويدُل عليه بكذا سنتيمترات من الزئبق ويمكن اعتبار أن حجم الهواء الذى فى ا ب مناسبا لطول الأنبوبة المملوءة به من غير خطأ كبير .

بعد ذلك ترفع الأنبوبة المفتوحة حـ ى حتى يقف الزئبق فيها عند مستوى أعلى من مستوى سطح الزئبق فى المقفلة ويقاس الفرق بين المستويين بالدقة ، فالضغط الكلى على الهواء المحبوس يساوى الضغط الجوى مضافا إليه ضغط عمود من الزئبق طوله يساوى المسافة بين سطحى الزئبق فى الأنبوبتين وهنا يقاس الطول المملوء بالهواء فى الأنبوبة ا ب

وعلى هذا النسق تؤخذ عدة مشاهدات أثناء حبس الهواء تحت ضغط أكبر من الضغط الجوى ثم تخفض الأنبوبة حـ ى حتى يصير سطح الزئبق فيها أخفض من سطح الزئبق فى ا ب

وفى هذه الحالة يكون الضغط الواقع على الهواء أقل من الضغط الجوى ومساويا ارتفاع البارومتر مطروحا منه الفرق بين سطحى الزئبق فى الأنبوبتين وبعد أخذ عدة مشاهدات على هذا النمط تدوّن جميع النتائج فى جدول ويرى أنه اذا ضُرب حجم الهواء المحبوس فى الضغط فالنتائج متساوية دائما وكلما زاد الضغط قل الحجم فاذا ضوعف الضغط نصف الحجم واذا نصف الضغط ضوعف الحجم .

ويجب ألا تنسى أن الهواء الذى كان بالأنبوبة هو بعينه لم تتغيّر كتلته ولم تتغيّر درجة حرارته أثناء التجربة .

قانون بويل — هذه الحقائق كشفها "روبرت بويل" فى سنة ١٦٦٢ وهى صحيحة تنطبق على جميع الغازات مع شذوذ ويمكن التعبير عن قانون بويل هكذا :

حاصل ضرب حجم أى مقدار من الغاز فى الضغط الواقع عليه ثابت لا يتغير ما دامت درجة الحرارة ثابتة أو حجم أى مقدار من الغاز يتناسب مناسبة عكسية مع الضغط الواقع عليه ما دامت درجة الحرارة ثابتة . وهذا يوافق قولنا إن كثافة الغاز فى درجة حرارة معيّنة تناسب الضغط مناسبة طرديّة .

وبتطبيق قانون بويل يمكن ايجاد التغيّر فى حجم كمية ما من الغاز عند تغيّر الضغط .

ونفرض أن حجم الغاز الأصلى = $ح_1$ والضغط = $ص_1$

فاذا كان $ح_2$ الذى هو الحجم تحت ضغط جديد = $ص_2$

$$\therefore \quad ح_1\ ص_1 = ح_2\ ص_2 = ك \ (\text{كمية ثابتة})$$

فمثلا لو فرضنا أن حجم كمية من الغاز يساوى ٣٦٠ سـ $م^3$ تحت ضغط يساوى ٧٦ سـ م من الزئبق وأن الحجم = ح تحت ضغط يساوى ٧٥ سـ م

$$\therefore \quad ٧٥ \times ح = ٧٦ \times ٣٦٠$$

$$\therefore \quad ح = \frac{٧٦ \times ٣٦٠}{٧٥} \text{ سـ م}^3$$

$$\therefore \quad ح = ٣٦٤{,}٨ \text{ سـ م}^3$$

فيكون الحجم الجديد للغاز تحت ضغط يساوى ٧٥ سـ م من الزئبق هو ٣٦٤,٨ ولمقارنة حجوم الغازات يجب البحث عن مقاديرها تحت ضغط يتخذ معيارا ويسمى "معدّل الضغط" وقد اختير لذلك ضغط ٧٦ سـ م من الزئبق يغلى عنده الماء فى درجة ١٠٠° مئوية .

(شكل ٢٠)
جهاز تعيين تأثير تغير درجة الحرارة فى حجم الغازات

تأثير درجة الحرارة فى حجم الغازات — تتمدد الغازات وتنكمش كغيرها من المواد عند تسخينها وتبريدها ، فمثلا نفرض أننا حجزنا بواسطة خيط دقيق من الزئبق مقدارا معلوما من الهواء فى أنبوبة ضيقة أقفل أحد طرفيها (شكل ٢٠) فلقياس حجم هذه الكمية يقاس طول الأنبوبة المملوء بالهواء فتربط هذه الأنبوبة

بمقياس ويوضعان فى إناء ماء ويوضع معهما ترمومتر لضبط تغيّر درجة الحرارة على حسب ما يراد ولقد يرى أن الهواء يتمدّد بقدر $\frac{١}{٢٧٣}$ سـم^{٣} من حجمه فى درجة صفر مئوية كلما رفعت درجة الحرارة درجة واحدة مئوية ، فالهواء الذى يشغل ٢٧٣ سـ م^{٣} فى درجة الصفر المئوى يصير حجمه ٢٧٤ سـ م^{٣} فى درجة ١° مئوية ويتضاعف هذا الحجم أى يصير ٥٤٦ فى درجة ٢٧٣° مئوية ، وكذا ينكمش الهواء بمقادير متساوية من حجمه كلما نقصت حرارته درجة واحدة مئوية تحت الصفر فالحجم المذكور آنفا ٢٧٢ سـ م^{٣} فى درجة — ١° مئوية و ٢٦٣ سـ م^{٣} فى درجة — ١٠° مئوية و ١٧٣ سـ م^{٣} فى درجة — ١٠٠° مئوية .

وأول من لاحظ هذه الحقائق هو "شارل" وكشفها من بعده ثانية مواطنه العظيم "جاى لوساك" سنة ١٨٠٢ وهى تنطبق على جميع الغازات تقريبا لا على الهواء وحده .

درجة حرارة الصفر المطلق — اذا أمكن تبريد غاز حتى يصل الى درجة — ٢٧٣° مئوية وجب أن يصير حجمه صفرا ولكن التجارب العملية حتى الآن لم تنجح فى تبريد المواد الى درجة — ٢٧٣° مئوية بجميع الغازات المعروفة تستحيل الى سوائل قبل أن تصل الى هذه الدرجة ولا حرج أن يقال مع ذلك ان الغازات — إلا القليل منها — تمدّد وتنكمش بحسب تغيّر درجة الحرارة كأنما حجومها تؤول الى الصفر كلما قربت درجة الحرارة من — ٢٧٣° مئوية ومعنى ذلك أن حجم الغاز مناسب لدرجة حرارته فوق — ٢٧٣° مئوية وتسمى هذه الدرجة بدرجة الصفر المطلق ، وعليه فدرجة الحرارة المطلقة لأى مادة هى الدرجة المقيسة من — ٢٧٣° مئوية أو من الصفر المطلق وعلى هذا القياس تكون درجة حرارة انصهار الجليد هى ٢٧٣ درجة مطلقة .

قانون شارل أو جاى لوساك — حجم الغاز مناسب لدرجة حرارته فوق الصفر المطلق فيمكن تقرير قانون شارل هكذا : حجم مقدار معيّن من الغاز مناسب مناسبة طردية لدرجة حرارته المطلقة ما دام الضغط ثابتا وبالرجوع الى درجات الحرارة المطلقة يسهل جدا تقدير التغيّرات التى تحدث فى حجم غاز ما بسبب تغيّر درجات الحرارة .

فاذا فرضنا أن ع يساوى حجم الغاز فى درجة صفر مئوية أى ٢٧٣° مطلقة فحجمه فى درجة ١٠٠° مئوية .

أى فى درجة ٣٧٣° مطلقة يصير $\frac{٣٧٣\ ع}{٢٧٣}$

وبالاختصار يمكن التعبير عن ذلك هكذا :

نفرض أن $ح_١$ يساوى حجم كمية من الغاز فى درجة $د_١°$ وأن $ح_٢$ حجمها فى درجة $د_٢°$

فيكون $$\frac{ح_١}{ح_٢} = \frac{د_١°}{د_٢°}$$

ولو فرضنا أن الغاز الذى حجمه ٣٦٠ $سـ م^٣$ فى درجة ٢٧° مئوية يصير ح $سـ م^٣$ فى درجة صفر مئوى

$$\therefore \quad \frac{٣٦٠}{ح} = \frac{٣٠٠}{٢٧٣}$$

$$\therefore \quad ح = \frac{٣٦٠ \times ٢٧٣}{٣٠٠} \; سـ م^٣$$

$$\therefore \quad ح = ٣٢٧{,}٦ \; سـ م^٣$$

يتخذ فى مقارنة حجوم الغازات معيار للحرارة يسمى " معــدّل الحرارة " وقد اتفق أن يكون درجة حرارة انصهار الجليد أى الصفر المئوى أو ٢٧٣° مطلقة .

تعيين حجم الغاز فى معدّل الضغط ومعدّل درجة الحرارة — اذا أريد تعيين حجم كمية معيّنة من الغاز تحت ضغط جديد وفى درجة حرارة جديدة يمكن اجراء عمليــة تصحيح الضغط أوّلا ثم عملية تصحيح درجة الحرارة وخير من هذا اجراء العمليتين فى آن واحد وهاك مثالا يبيّن الطريقة المستعملة .

المطلوب ايجاد حجم كميــة من الغاز فى معدّل الحرارة ومعدّل الضغط اذا كان حجمه فى درجة ١٥ مئوية يساوى ٣٤٢ $سـ م^٣$ وضغطه ٧٤٠ ملليمترا من الزئبق .

لذلك نفرض أن ح يساوى الحجم فى درجة صفر مئوية أى ٢٧٣° مطلقة وأن الضغط يساوى ٧٦٠ ملليمترا من الزئبق .

$$\therefore \quad \frac{ح \times ٧٦٠}{٢٧٣} = \frac{٣٤٢ \times ٧٤٠}{٢٨٨}$$

$$\therefore \quad ح = ٣٤٢ \times \frac{٧٤٠}{٧٦٠} \times \frac{٢٧٣}{٢٨٨}$$

$$\therefore \quad ح = ٣١٥{,}٧ \; سـ م^٣$$

قانون دالتن فى الضغوط الجزئيّة — اذا وضع غازان معا فانهما يمتزجان امتزاجا كليــا بحيث يكون المخلوط بنسبة واحدة فى جميع أجزاء الاناء وهكذا مهــما كان عدد الغازات المخلوطة ويمكن القول بأن كلا من هــذه الغازات يملأ نفس الحيز الذى يملؤه

المخلوط جميعه فى آن واحد، وفى هذه الحالة يكون ضغط المخلوط مساويا لمجموع ضغوط الغازات المختلفة ، وأول من قرّر هذه الحقيقة العالم الانجليزى الكبير "دالتن" وتعرف بقانون دالتن فى الضغوط الجزئية .

ويفيدنا هـذا القانون فى تعيين الحجم الذى يشغله مقدار من الغاز الرطب اذا جفف تجفيفا تاما فعند جمع الغازات على المـاء مثلا يكون الغاز مشبعا ببخار المـاء وبذا يكون فى حجم الغاز الظاهرى مقدار كبير من هذا البخار لأن المـاء يَتَبخر دائما حتى فى درجات الحرارة المنخفضة فاذا أزيل هـذا البخار فان ضغط الغاز الظاهرى يقلّ فيكون الحجم الحقيقى للغاز أقل من الحجم الظاهرى وقد أجريت تجارب عرف بها ضغط بخار المـاء فى درجات الحرارة المختلفة بالدقة ، فاذا طُرح هذا الضغط من الضغط الكلى للغاز الرطب ينتج ضغط الغاز الحقيقى وهذا الضغط المنخفض هو الذى يجب أن يكون قياسا للغاز نفسه .

فمثلا لو فرضنا أننا جمعنا ٣٠٠ س م^{٣} من الهواء على المـاء فى مخبار مدرج وأن درجة حرارة المـاء كانت ١٥° مئوية وأن ارتفاع البارومتر كان ٧٥٢ مليمترا وأريد ايجاد حجم الهواء جافا فى معدّل الحرارة ومعدّل الضغط يقال :

لمـا كان ضغط بخار المـاء المشبع فى درجة ١٥° مئوية يساوى ١٢٫٧ من المليمترات فان ضغط الهواء جافا هو (٧٥٢ — ١٢٫٧) من المليمترات أى ٧٣٩٫٣ من المليمترات فى درجة الحرارة ١٥° مئوية نفسها ويمكن وضع هذا فى صورة السؤال التالى : اذا كان حجم مقـدار من الهواء فى درجة ١٥° مئوية وتحت ضغط ٧٣٩٫٣ من المليمترات من الزئبق هو ٣٠٠ س م^{٣} فـا حجمه فى درجة الصفر المئوى وتحت ضغط ٧٦٠ مليمترا من الزئبـــق ؟

نفرض أن ع س م^{٣} هو الحجم المطلوب

فيكون $$\frac{\text{ع} \times ٧٦٠}{٢٧٣} = \frac{٣٠٠ \times ٧٣٩٫٣}{٢٨٨}$$

$$\therefore \quad \text{ع} = ٣٠٠ \times \frac{٢٧٣}{٢٨٨} \times \frac{٧٣٩٫٣}{٧٦٠}$$

$$\therefore \quad \text{ع} = ٢٧٦٫٧ \text{ س م}^{٣}$$

(١٠) تحقيق ذاتية الغـازات

تدريب ١٩ — تعيين كثافة الغـازات .

(١) خذ دورقا سميكا من الزجاج سعته نحو نصف لتر وسدّه سدّا محكما بصمام من الصمغ المرن تنفذ منه أنبوبة قصـيرة من الزجاج (شكل ٢١) ألصق بها أنبوبة

قصيرة أيضا من الصمغ المرن فيها محبس لولبى . صب فى الدورق نحو ١٠٠ سـ م^{3} من الماء وأرجع الصمام الى مكانه وبعد فتح المحبس إغل الماء حتى يصعد البخار كثيرا مدّة فحينئذ أبعد اللهب وأحكم إقفال المحبس فى الحال . هل ترى فى الدورق بعد أن يبرد شيئا آخر غير الماء ؟ أترك الدورق حتى يصير فى درجة حرارة الحجرة ثم نشفه من الخارج وعلقه بخيط من القطن على إحدى كفتى الميزان وبعد أن تعيّن وزنه افتح المحبس فيدخل الهواء ويتغيّر الوزن ثم زن الدورق ثانيا ومن ذلك عيّن الزيادة فى وزن الدورق ثم قس حجم الماء الذى فى الدورق أثناء الوزن وقس أيضا الحجم الكلى لكمية الماء التى تملأ الدورق جميعه الى نهاية السداد السفلى ، ومن ذلك عيّن حجم الهواء الذى دخل الدورق عند فتح الأنبوبة ثم اقرأ الضغط الجوى ودرجة حرارة الحجرة واحسب وزن لتر من الهواء كما يأتى :



(شكل ٢١)
دورق تدريب ١٩ (أ)

وزن الدورق بعد إدخال الهواء ... ... = ... جراما
وزن الدورق قبل إدخال الهواء ... ... = ... جراما

∴ وزن الهواء الذى أدخل ... ... = ... جراما

الحجم الكلى للدورق... ... ... = ... سـم^{3}
حجم الماء الذى كان فى القعر ... ... = ... سـم^{3}

∴ حجم الهواء الذى أدخل ... ... = ... سـم^{3}

ارتفاع البارومتر ... ... = ... مليمترا
درجة حرارة الحجرة ... ... = ...° مئوية
حجم الهواء فى درجة صفر مئوى تحت ضغط ٧٦٠ مليمترا ... ... = ... سـم^{3}

∴ وزن ...... سـم^{3} من الهواء ... ... = ... جراما

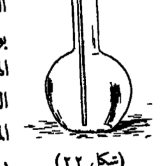
∴ وزن لتر من الهواء فى درجة صفر مئوى تحت ضغط ٧٦٠ مليمترا ... ... = ... جراما

قارن هذه النتيجة بنتائج غيرك من الطلبة وإذا لم يتيسر فكرر التجربة حتى تجد نتيجتين متفقتين .

(ب) استعمل التدريب العملى المشروح فى التمرين السابق فى ايجاد كثافة غاز الاستصباح فبعد تفريغ الدورق صل أنبوبته بصنبور الغاز فى المعمل قبل فتح المحبس وسر فى العمل كما فعلت فى الهواء .

الخواص الطبيعية للغازات — يمكن تحقيق ذاتية الغازات فى بعض الأحوال بخواصها الظاهرة وهى اللون والرائحة والذوق وفى حالة كون الغاز عديم اللون وعديم الرائحة وعديم الطعم كما هو الحال فى بعضها تحقق الذاتية بقابلية الذوبان فى الماء وفى الغالب تكون كثافة الغاز اهم مقدار طبيعى ثابت له وكثافة الغاز هى مقدار وزن لتر منه فى معدّل درجة الحرارة ومعدّل الضغط أى (صفر مئوى و ٧٦٠ مليمترا من الزئبق) وقد بيّنا فى تدريب ١٩ (ا) طريقة لتعيين كثافة الغازات بالتقريب وهى تستعمل فى الغازات القليلة القابلية للذوبان فى الماء لا فى غيرها .

يصب فى دورق يمكن سدّ فوهته بمحبس (شكل ٢١) مقدار من الماء يكفى لتغطية قعره ثم يغلى الماء وبعد أن يملأ البخار الدورق يسدّ المحبس ويترك الدورق حتى يبرد فيأخذ البخار فى التكاثف ويقل الضغط الداخلى ويصير الدورق فارغا تقريبا لا شئ فيه غير الماء ويوزن الدورق وهو على هذه الحال ثم يفتح المحبس ليدخل الغاز المراد ايجاد كثافته ويعيّن الوزن ثانية فتكون الزيادة فى الوزن هى وزن الغاز ، ولايجاد حجم هذا الغاز نقيس حجم الماء الذى يملأ الدورق ثم نحسب كما سبق بتدريب ١٩ (ا) وتكون النتيجة أصح كثيرا اذا اعتبرنا تأثير بخار الماء الذى بالدورق فيطرح ضغط هذا البخار فى درجة حرارة المعمل من الضغط الجوى ، فمقدار الضغط الحادث هو الضغط الحقيقى لقياس هواء الدورق .



(شكل ٢٢)
دورق لايجاد كثافة الغازات

واذا كان الغاز قابلا للذوبان فى الماء يمكن تعيين كثافته باستعمال دورق مجهز كما فى (شكل ٢٢) وذلك بأن يبحث أولا عن وزن الدورق بما فيه من الهواء ونمرّ فيه تيارا من الغاز مجففا من قبل بواسطة احدى الأنبوبتين فيطرد الهواء وعند ما نتحقق أن جميع الهواء قد خرج وأن الغاز الخارج من الدورق خال من الهواء نزن الدورق بما فيه من الغاز ثم نبحث عن حجمه الذى يساوى حجم الماء الكافى لملئه ونعيّن وزن حجم الهواء ، إذ أن وزن اللتر منه يساوى ١٫٢٩ من الجرامات وبطرح هذا الوزن من وزن الدورق

ووزن الهواء معا ينتج وزن الدورق فارغا فيمكن معرفة وزن الغـاز الذى ملأ الدورق وبايجاد حجم هذا الغاز فى معدّل الحرارة ومعدّل الضغط (صفر مئوى و ٧٦٠ مليمترا زئبقا) نبحث عن وزن لتر منه فى معدّل الحرارة ومعدّل الضغط .

أسئلة على البـاب الثـالث

(١) بيّن الفرق بين الخاصة الطبيعية والمقدار الطبيعى الثابت واذكر بعض المقـادير الطبيعية الثابتة للمـاء والملح وشمع البرافين .

(٢) اذا كان لديك مادّة يدل مظهرها على أنها ماء فمـا التجارب التى تجريها قبل أن تحكم أنها ماء حقيقة ؟

(٣) اذا ملئ دورق سعته نصف لتر بالهواء فى درجة حرارة صفر مئوى تحت ضغط ٧٦٠ مليمترا فمـا الحجم الذى يمكن أن يشـغله هذا الغـاز فى درجة ٤٢° مئوية تحت ضغط ٧٥٠ مليمترا ؟

(٤) أوجد حجم غاز الاستصباح فى معـدّل الحرارة ومعدّل الضغط اذا علم أن حجمه فى درجة ١٥° مئوية تحت ضغط ٧٦٥ مليمترا هو ٦٤٠ سـ م³ .

(٥) أوجد مقدار وزن لتر من الهواء فى درجة ١٢° مئوية تحت ضغط ٧٥ سـ م اذا علم أن كثافة الهواء فى معـدّل الحرارة ومعدّل الضغط هى ١٫٢٩ من الجرامات فى كل لتر واحد .

(٦) اذا أعطيت سائلين عديمى اللون ولهما رائحة كحولية فكيف تبيّن أنهما (ا) نقيان (ب) مختلفان ؟

(٧) أذكر قانون بويل وأوجد حجم كمية من الهواء تحت ضغط ٧٦٥ مليمترا اذا كان حجمها يساوى ١٠٠ سـم³ وقت أن كان ارتفاع البارومتر ٧٤٠ مليمترا .

(٨) اذا حفظ دورق محكم السـدّ سعته لتر واحد فى حجرة درجة حرارتها ٢٠° مئوية ثم نكس فى ماء مثلوج ونزع سداده فيه فمـا حجم المـاء الذى يدخل الدورق ؟

(٩) دورق محكم فى فوهته سداد تنفذ منه أنبوبة قصيرة ويحتوى الدورق والأنبوبة على ٤٠٠ سـم³ من الهواء وبعـد غمر الأنبوبة فى المـاء سخن الدورق تسـخينا عظيما فخرج منه ٢٢٥ سـ م³ من الهواء أوجد درجة الحرارة التى رفع اليها الدورق مع العلم بأن درجة حرارة الحجرة كانت ١٥° مئوية .

(١٠) كيف يختلف حجم كمية من الغاز بسبب رطوبته أو جفافه ؟ وكيف تعيّن الحجم الحقيق للغاز الرطب ؟

(١١) دورق سعته ٥٠٠ سم^3 ملئ بالمـاء وسلط عليه تيار من غاز الاستصباح فطرد المـاء منه فاذا كانت درجة حرارة الحجرة ١٥° مئوية والضغط الجوّى ٧٥٤ مليمترا فما حجم الغاز وهو جاف فى درجة صفر مئوى تحت ضغط ٧٦٠ مليمترا ؟ مع العلم بأن ضغط بخار المـاء فى درجة ١٥° مئوية = ١٢,٧ من المليمترات .

(١٢) ما قانون تمدّد الغازات عند تسخينها تحت ضغط ثابت ؟
اذا سخن دورق حتى ارتفعت درجة حرارته من ١٥° الى ١٠٠° مئوية فما هو جزء الهواء الذى يخرج من الدورق أثناء التسخين ؟

(١٣) اذا كان ٥٠ سم^3 من الهواء فى درجة صفر مئوى تصير ٦٨,٣ سم^3 فى درجة ١٠٠° مئوية فاذكر تجربة تبرهن بها على ذلك .

تمارين عمليــة

(١) خذ جهاز (شكل ١٩) وبيّن بواسطته هل يمكن تطبيق قانون بويل على غاز الاستصباح ؟

(٢) عيّن كثافة الهواء الجاف بأن تزن دورقا مستدير القعر بعد تفريغه بمفرغة الهواء ثم ملئه بهواء يمرّ فى سيره فى أنابيب مشحونة بكلورور الكلسيوم .

(٣) جهز بارومترا وذلك بأن تأخذ أنبوبة مقفلا أحد طرفيها وتملأها زئبقا وتنكسها فى حوض فيه زئبق ثم اقرأ ارتفاع عمود الزئبق وأدخل فى الأنبوبة من أسفلها بعض قطرات من المـاء بماصة منحنية وعند ما ترى أن بعض هذه القطرات لم يبخر على سطح الزئبق فاقرأ ارتفاع عمود الزئبق وبذا أوجد ضغط بخار المـاء فى درجه حرارة الحجرة ؟

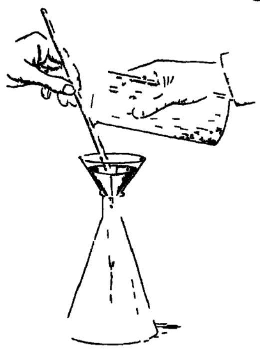
الباب الرابــع ـ تنقية المــواد

(١١) تنقية الأجسام الصلبة

تدريب ٢٠ — انفصال جسم صلب قابل للذوبان عن آخر غير قابل .

(ا) اقرأ مذكرتك فى تدريب (٣) واكتب شيئا على الطريقــة التى يمكن بها فصــل جسم صلب عن السائل المذاب فيه .

(ب) ارجع الى مذكرتك فى تدريب (٦) واذكر هل الرمل قابل للذوبان فى المــاء ؟ ثم اصنع مخلوطا من أجزاء متساوية من ملح الطعام والرمل وامزجه جيدا . هل يمكنك فصـــل أحد الجزأين عن الآخر بيدك ؟ فللفصل بسرعة ضـع المخلوط الى منتصفه بالماء ورجه تماما فى دورق واملأه ثم اترك الجسم الصلب يســتقر وجهز ورقة رشح كما هو مبيّن بتدريب ١ (حـ) وفرّغ السائل من الدورق فى المرشح بانتظام ممسكا عند فوهة الدورق قضيبا من الزجاج لينحدر عليــه الســائل (شكل ٢٣) واترك فى الدورق ما يمكنك تركه من الرمل الذى لم يذب ثم اغسله بالمــاء وافرغ ذلك فى المرشح أيضــا ثم بخر الســائل المرشح لتتحصل على الملح واذا لم تسع الجفنة فضـع الباقى تدريجا كلما وجد المكان .



(شكل ٢٣)
فصل جسم صلب عن سائل بواسطة التصريع

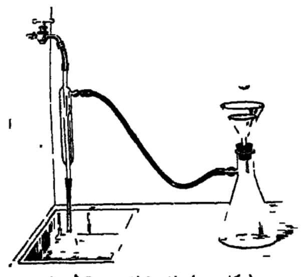
ثم اغسل الجسم الصلب الباقى فى الدورق بالماء مرتين وفرّغ ماء الغسل فى الحوض وجفف الرمل النظيف على قطعة ورق ذات مسام وتأكد من خلوّ الرمل من الملح بأن تغسل جزءا منه بالماء المقطر وتعيّن بواسطة الطريقة المذكورة بتدريب (٤) هل ذاب فيه شئ ؟

تدريب ٢١ – فصل جسمين صلبين قابلين للذوبان .

(أ) حقق قابليّة ملح البارود العادى وملح بارود شيلى للذوبان باستعمال تدريب (٦) ثم كوّن منهما مخلوطا مركبا من جزأين متساويين فى الوزن تقريبا وهاك الطريقة المستعملة فى فصلهما وهى تتوقف على معرفة الفرق بين قابليّة ذوبانهما :

يذاب جميع المخلوط فى أقل مقدار من الماء يكفى للاذابة ويبخر نصف ماء المحلول وبعد تبريده تفصل البلورات المتكوّنة بمفرغة الرشح (أنظر ما يلى) :

(ب) عند فحص مفرغة الرشح يرى أن تيارا من ماء الحنفية (شكل ٢٤) سائلا فى القناة الداخلية جاذبا معه تيارا من الهواء مارّا بالأنبوبة الجانبية . صل هذه الأنبوبة الجانبية بدورق المفرغة (شكل ٢٤) بأنبوبة لمقاومة الضغط وركب على الدورق قمعا مزوّدا بقرص خاص رقيق من الخزف الصينى فيه ثقوب كبيرة ثم غط القرص بورقة للرشح أكبر منه قليلا وافتح صنبور الماء الذى يحرك المفرغة ونِدّ ورقة الرشح وتحقق أن أطرافها مثبتة جيدا بجوانب القمع .



(شكل ٢٤) المفرغة المستعملة للرشح هنا

(حـ) فرغ البلورات فى المرشح مزيحا إياها من الجفنة بملعقة صيدلى واضغطها بعزم فوق ورقة الرشح وعند ما ينتهى نزح السائل خذ القمع وفرّغ البلورات لتجف على النشافة ثم أكمل عملية التجفيف فى فرن الهواء الساخن واحتفظ بالسائل المولّد (وهو السائل الذى فصلت منه البلورات) .

(ى) عيّن قابلية ذوبان الجسم الصلب الذى جففته بالطريقة المفصلة بتدريب (٨) .

(هـ) زن جفنة جافة وضع فيها السائل المولد الحاصل فى تدريب ٢١ (حـ) وأوجد الوزن الكلى ثم يبخر السائل حتى يجف . أوجد وزن الجسم الباقى وبذلك عيّن وزن الجسم المذاب فى السائل المولد واحسب قابلية ذوبانه كما فى تدريب ٨ (أ) .

(و) قارن بين قابلية ذوبان البلورات الحاصلة أولا وبلورات تدريب ٢١ (هـ) الناتجة من السائل المولد ثم برهن على أن جزأى المخلوط الأصليين قد انفصلا بعض الانفصال .

(ز) تذاب بلورات تدريب ٢١ (حـ) ثانيا فى أقل كمية كافية من المـاء ويبخر نصف السائل وتفصل البلورات الحادثة بالتبريد ثم تجفف وتعيّن قابلية ذوبانها وتقارن بقابلية ذوبان ملح البارود . كيف تبرهن على أنه قد حصل من مخلوط ملح البارود وملح بارود شيلى ملح البارود نقيا تقريبا ؟

كرر عملية التبلور ان كان هناك متسع من الوقت حتى لا تتغيّر بعد قابليته للذوبان .

تدريب ٢٢ — استخراج ملح المـائدة من الملح الصخرى — استخدم الطرق المبينة بتدريبى ٢٠ و ٢١ لتفصل من الملح الصخرى .

(ا) مسحوقا أسمر غير قابل للذوبان ؛

(ب) جسما صلبا يشابه ملح المـائدة ؛

(حـ) بقية أكثر قابلية للذوبان وبعدئذ قارن قابلية ذوبان كمية من (ب) وكمية من (حـ) فى المـاء .

استخراج الأجسـام القابلة وغير القـابلة للذوبان من مخلوطها نقية — اذا كان المخلوط يحتوى على جسم صلب قابل للذوبان فى المـاء وآخر غير قابل للذوبان فيه فانه يسهل فصلهما والحصول على كل وحدة ، ولذلك يذاب الجسم القابل للذوبان فى قليل من المـاء ويرشح السائل الحاصل بورقة رشح وبذا ينفصل السائل عن جميع أجزاء الجسم غير القابل للذوبان وهذه العملية مبينة بالتفصـيل فى تدريب ٢٠ (ب) ويمكن الحصول على الجسم القابل للذوبان بتبخر المحلول المحتوى عليه وأما الجسم غير القابل للذوبان فيجب تخليصـه من بقايا المـادة المذابة بغسله بالمـاء مرتين أو ثلاثا ويمكن اتباع هذه الطريقة فى فصـل الرمل عن الملح من مخلوطهما وكذا يمكن فصل الجبس من الزاج الأزرق .

فصل الأجسام الصلبة القابلة للذوبان بعضها عن بعض بعد خلطها — يمكن فصـل جسمين أو أكثر من الأجسام الصلبة القابلة للذوبان بعد خلطها وذلك بسائل فيه الأجسام متباينة القابلية للذوبان ، فمثلا ملح البارود وملح بارود شيلى يذوبان

فى المـاء ولكن قابلية ذوبان الأخير هى ٨٤ جراما وقابلية ذوبان الأول ٣٠ جراما فى كل ١٠٠ جرام من المـاء فى درجة حرارة ١٨° مئوية وبذا يمكن فصلهما بتكرار عملية التبلور .

فيؤخذ مخلوط من هاتين المـادتين ويذاب فى أقل كمية كافية من المـاء ويغلى المحلول حتى يمكن أن تكوّن بلورات عنـد تبريده وتفصل هـذه البلورات بمفرغة الرشح وهذا المخلوط يتركب معظمه من المـادة الأقل قابلية للذوبان أى ملح البارود وكمية قليلة من المـادة الأكثر قابلية للذوبان وباغلاء السائل المولد الذى حُصل منه على هذه البلورات يستخرج بعد البخر مقدار ثان من البلورات يتركب معظمه من ملح بارود شيلى .

على أن هـذا الانفصال لا يزال غير تام كما يرى من أن قابلية ذوبان البلورات الأقل قابليـة للذوبان هى نحو ٤٠ جراما على الأرجح فى كل ١٠٠ جرام من المـاء مع أن قابلية ذوبان البلورات الأكثر قابليـة للذوبان ربمـا كانت ٧٠ جراما فيجب تبلور كلا الحاصلين مرة أخرى مع ملاحظة أن المادة المراد تنقيتها بهذه الطريقة هى فى البلورات فى الحالة الأولى وفى السائل المولد فى الحالة الثانية .

ويرى الآن أن قابلية ذوبان البلورات الحاصـلة أخيرا تقرب جدًا من قابلية ذوبان المـادتين الأصليتين ملح البارود وملح بارود شيلى .

(١٢) تنقيـة السـوائل

تدريب ٢٣ — فصل السـائل عن جسم صلب مذاب فيـه —

اقرأ مذكرتك فى تدريب (٥) وقرر ما تراه فى كيفية الحصول على سـائل خال من أى جسم مذاب فيه واكتب بالايجاز على الطريقة التى تستعملها .

تدريب ٢٤ — فصـل سائلين بعد اختلاطهما .

(ا) خذ حجمين من المـاء وزيت البرافين معلوم حجمهما وهزهما معا وفرّغ هذا المخلوط فى قمع ذى سداد (شكل ٨) واتركه حتى يكوّن طبقتين منفصلتين تماما ثم افتح السداد لينزل المـاء ببطء فى إناء آخر واقفله حتى لا ينزل شئ من زيت البرافين مطلقا وعيّن بعد ذلك على أى نسبة انفصل المـاء وزيت البرافين بالنسبة لحجميهما الأصليين .

(ب) خذ مخلوطا من المـاء ومقـدار معلوم من الكحول وقطره بحسب الطريقة التى فى تدريب ٥ (ا) واضعا ترمومترا فى دورق التقطير بحيث يكون مستودعه فوق

سـطح السائل واقرأ درجات الحرارة أثناء غلى المخلوط فاذا وصلت درجة حرارة الغليان الى ٩٠° مئوية فاطفئ اللهب وارم السائل الذى بقى غير مقطر وفرغ السائل الذى تحوّل الى القابلة فى دورق التقطير وأعد العمليـة فاذا وصلت درجة حرارة الغليان الى ٨٥° مئوية فأبطل العمل ولاحظ مقـدار كميـة السائل الذى قطرته وأوجد درجة حرارة غليان السائل الذى فى القـابلة واذكر الى أى درجة تقرب من درجة غليان الكحول (٧٨° مئوية) .

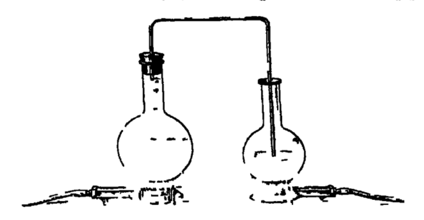
تدريب ٢٥ — تنقية السوائل من الغازات المذابة فيها — يمكن تنقيـة المـاء من الهواء المذاب فيه بالجهاز المبين (بشكل ٢٥) وذلك بأن تملأ أكبر الدورقين الى نهايته بمـاء الصنبور وتثبت السداد تماما فى فوهته ثم تضع طرف أنبوبة الوصـل الآخر تحت سطح المـاء فى الدورق الصغير المملوء الى منتصفه تقريبا وبعد تسخين ماء الدورقين حتى يغلى فى كل منهـما بضع دقائق أطفئ اللهب ثم لاحظ ما يحدث أثناء تبريد المـاء ووضح كيفية جعل ماء الدورق الكبير خاليا من الهواء واذكر هل يمكن بهذه الطريقة حفظه خاليا من الهواء على الدوام .

تنقية السوائل — يمكن فصل السوائل عن الأجسام الصلبة المذابة فيها بطريقة التقطير المشروحة فى تدريب ٥ (ا) فيبقى الجسم الصلب فى دورق التقطير وكذلك يمكن فصل سائلين غير ذائب أحدهمـا فى الآخر بتركهما ساكنين فيسـتقر أكثفهما تدريجيا فى قعر الاناء الذى خلطا فيه ، فمثلا عند خلط زيت البرافين بالمـاء بهزهما معـا فى قمع ذى حنفية يرى أن المـاء يكون طبقة تحت زيت البرافين (شكل ٨) يمكن عزلها بواسطة الصنبور .

واذا تكوّن من سائلين مخلوط يمكن أيضا فى بعض الأحوال فصلهما فمثلا اذا سخن مخلوط من الاتير والمـاء تسخينا يسيرا بجميع الاتير تقريبا يقطّر تحت درجة ٤٠° مئوية ويمكن تكثيفه وبايجاد درجة غليان هـذا الاتير المكثف يرى أنه خال من المـاء على أن هذا الانفصال مستحيل فى أحوال مخصوصـة إذ يقطّر مخلوط السائل بلا تغيّر فيه بمجرد وصـوله الى درجة حرارة معينة فعند تقطير مخلوط الكحول والمـاء يرى أن جميع الكحول يميل للبخر أولا فى درجة حرارة ٧٨° مئوية أو أعلى من ذلك قليلا ولكن الكحول الذى يبخر فى هـذه الدرجة يحمل معه كمية صغيرة من المـاء واذا قطر المخلوط الجديد ثانيـة فانه يغلى أيضا فى درجة حرارة ٧٨° مئوية ويذهب الى القـابلة بلا تغيّر

ويلاحظ أن درجة غليان هذا المخلوط أخفض منها فى الكحول النقى ويستحيل الحصول على الكحول خاليا من كمية الماء الصغيرة هذه بالتقطير ولكن يمكن ذلك بترك المخلوط بضعة أيام مع مادة ماصة للماء كالجير الحىّ .

فصل السوائل عن الغازات المذابة فيها — تحتوى السوائل أيضا على غازات مذابة فيها، ففى ماء الصنبور مثلا مقدار كبير من غازات الجو مذابة ويمكن إخراجها باغلاء هذا الماء (صفحة ١٤) فيمكن تخليص ماء الصنبور من الهواء بالطريقة المبينة بتدريب ٢٥ (أ) فيركب دورقان كما فى (شكل ٢٥) ويسخنان حتى يغلى الماء بضع دقائق فتمتلئ جوانب الدورق الكبير بالبخار شيئا ما فاذا برد الدورقان تكاثف البخار وانجذب من الدورق الأصغر ماء خال من الهواء ليحل مكانه فيكون ماء الدورق الصغير مانعا من أن يُذيب ماء الدورق الكبير غازات من الجو .



(شكل ٢٥) اعداد ماء خال من الهواء الذائب

تنقية الغازات — يصعب فى الغالب فصل غازين امتزجا ولكنه يسهل إذا وُجد سائل أو جسم صلب يمتص أحد الغازين فقط ، فإذا هز المخلوط مع سائل كهذا فإن حجم الغازين المختلطين ينقص الى أن تذهب كمية معينة منه وتبقى الكمية الأخرى بلا تغير ويكفى فى بعض الأحيان امرار المخلوط فى قنينة غسل أو أنبوبة ذات شعبتين فيها المادة المجففة وهذه هى الحالة التى يكون فيها الغاز ملوّنا قليلا ببقايا غاز آخر أو ببخار سائل، وإذا أريد الحصول على غاز خال من بخار الماء يمرّ فى أنابيب ذات شعبتين فيها كلورور الكلسيوم أو مادة أخرى متميّعة (صفحة ٢١) فإذا مست هذه المادة الغاز الرطب تميّعت قليلا فتأخذ من الغاز بخار الماء وقد يستعمل لذلك حامض الكبريتيك المركز (زيت الزاج) الذى يمتص الماء أيضا وفى هذه الحالة يمرّ الغاز فى قنينات غسل

فيها قطع مكسرة من الزجاج أو كسر من الخفـاف مشربة حامضا مركزا ويستخدم حامض الكبريتيك (زيت الزاج) بهذه الطريقة فى جعل هواء المجففة خاليا من بخار الماء .

وتتركب المجففـة من قدر من الزجاج (شـــكل ٢٦) منقسمة الى قسمين بقرص مثقوب من الخارصين وتقفل بغطاء محكم وفى القسم الأسفل منها خفاف مشرب حامض الكبريتيك المركز وفى الأعلى المـادة المراد أن تبـــقى جافة .



(شكل ٢٦) مجففـــة

المواد النقية والمخلوطات — العمليات التى شرحناها ذات قيمة عظيمة من حيث كونها تبيّن الفرق بين فعـل المواد النقية وفعـل المخلوطات ولقد يمكن فى بعض الأحوال بمجرّد النظر إدراك أن الجسم الصلب يتركب من شيئين مختلفين ، فاذا اختلط مقدار من البن بالسكر فان أجزاء كل ترى جلية ويمكن من كان ذا صبر فصلهما . وأما اذا اختلط السكر الأسمر بالرمل فليس من السهل تمييزهما وفصلهما كما سبق ولكن بوضع المخلوط فى المـاء يذوب السكر ويحصل على الرمل غير القابل للذوبان بالرشح ، وبديهى أن المـادة الأصلية هى مخلوط لا مادة نقيـة مفردة وهناك حالات يصعب فيهـا جدّا تعيين أن الجسم الصلب نقى (أى يتكوّن من مادة واحدة) أو غير نقى (أى محتوٍ على مواد أخرى خلطت به) على أن كلمة مادة نقية مضـلة بعض الشئ إذ يستحيل وجود مادة نقية تمـام النقاء وانمـا يمكن تصوّرها .

براهين نقاوة الأجسام الصلبة — رأينا فى حالة فصـــل ملح البارود عن ملح بارود شيلى (صفحة ٣٩) أنه عند اعادة تبلور مخلوط الجسمين كانت قابلية ذوبان بلورات المـادة التى هى أقل قابليـة للذوبان (ملح البـارود) أكبر من قيمتها الحقيقية وربما نجدها ٤٥ جراما تقريبا بدلا من ٣٠ جراما فى كل ١٠٠ جرام من المـاء ، وباعادة عملية التبلور مرّة أخرى تقــل قابلية ذوبان الناتج ، وبتكرار العملية مرّات تهبط قابليته للذوبان تدريجيا حتى تساوى قابلية ذوبان ملح البارود أى ٣٠ جراما تقريبا فى كل ١٠٠ جرام من المـاء فى درجة حرارة ١٨° مئوية ، ومن ذلك نعلم أن قابلية ذوبان أى

جسم غير نقى ليست ثابتة وانما تتغير بعد تحويله الى محلول وتبلوره ثانيا ويستحيل الحصول على المادة نقية تماما ولكن كلما زادت النقاوة قل تغير قابلية الذوبان عند اعادة التبلور ويحصل مثل ذلك فى الخصيات الطبيعية الثابتة الأخرى كدرجة حرارة الانصهار فانها على وجه العموم أقل فى حالة الجسم غير النقى منها فى حالة المادة النقية وبذا ترتفع درجة حرارة انصهار الجسم الصلب كلما أنقى باعادة تبلوره .

براهين نقاوة السوائل والغازات — كلما زاد خلو السائل من المواد الغريبة المذابة فيه كانت درجة حرارة غليانه أكثر ثباتا ولذا يلاحظ أن درجة حرارة الغلى ترتفع تدريجا أثناء تقطير مخلوطات السوائل كما هو الحال فى مخلوط الاتير والماء صفحة (٤١) فيكون فى الغالب ثبات درجة حرارة الغليان أثناء التقطير دليلا على نقاوة السائل .

ولكن يفشل هذا الاختبار فى كل حالة تُقطَّر فيها المخاليط المكوّنة من سوائل بنسبة معينة فى درجة حرارة محدودة بدون تغيير كما فى الكحول المحتوى على ٤ فى المائة من الماء وتغلى السوائل المحتوية على أجسام صلبة مذابة فيها فى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة السائل نقيا .

اختبار نقاوة الغازات — تكون الغازات فى الغالب محتوية على غازات أخرى أو بخار السوائل وكثيرا مايستدل على وجود البخار بتبريد الغاز تبريدا عظيما حتى يتكاثف هذا البخار كما يلاحظ اذا عرضت زجاجة فيها جليد للهواء إذ يتكاثف عليها بخار الماء الذى فى الهواء ويظهر فى شكل الندى أو الصقيع .

ويهمنا غالبا أيضا معرفة كون المادة المستعملة فى عملية ما هى غاز واحد أو اثنين أو أكثر ويكفى وجود المادة التى تمتص أحد الغازات فقط وحينئذ يمكن الفصل فى الأمر كما هو مبين فى صفحة (٤٢) .

واذا كان المخلوط مكونا من غازين متشابهين تقريبا وكان كلاهما قابلا للذوبان فى سائل مخصوص فانه يمكن استخدام هذا السائل للدلالة على وجود هذين الغازين مادامت قابلية ذوبانهما متباينة فنفرض مثلا أن مخلوطا يتكوّن من غازين متساويين فى الحجم وأن قابلية ذوبان أحدهما فى الماء ضعف قابلية ذوبان الآخر فبعد هز الغازين بالماء يذوب من الغاز الأكثر قابلية للذوبان ضعف مايذوب من الآخر وبذا يكون الغاز الخارج عند غليان الماء محتويا على كمية من الغاز الأكثر قابلية للذوبان تعادل

ضعف كمية الجزء الأقل قابلية للذوبان بدلا من أن تكونا متساويتين وبديهى أنه لابد من أن تتغير الخصيات الطبيعية الثابتة لهذا المخلوط بسبب تغير نسبة مقادير الغازين فتتغير الكثافة إلا اذا كانت كثافة أحد الغازين مساوية لكثافة الآخر وتتغير القابلية للذوبان لأن كمية الغاز الأقل قابلية للذوبان قلت فى المخلوط عما كانت عليه ، وسيرى الطالب تطبيق هذه الطريقة عمليا فيما يلى بعد .

أسئلة على الباب الرابع

(١) اذا سقط منك على غير عمد شئ من ملح الطعام فى كمية من الكحول فكيف تحصل على الكحول خاليا من الملح ؟

(٢) بأى طريقة تحصل على نموذج من الصودا النقية اذا كان هناك مخلوط من الصودا والرمل ؟

(٣) اذكر طريقة لفصل سائلين درجة حرارة غليان كل منهما مختلفة عن الأخرى وبين هل يمكن دائما فصل سائلين هذا شأنهما بهذه الطريقة ؟

(٤) كيف تستخرج من ماء الصنبور كمية من الماء خالية من الهواء المذاب ؟

(٥) كيف تحصل من ماء البحر على نموذج من ملح الطعام النقى وآخر من الماء النقى ؟

(٦) اذا قطر سائل يغلى فى درجة حرارة ٨٠° مئوية وفى منتصف عملية التقطير غيرت القابلة وبذا انفصل السائل المقطر الى قسمين ووجد أن معظم القسم الأول يقطر عند درجة حرارة أقل من ٧٩° مئوية ومعظم القسم الثانى الذى تحول الى القابلة يقطر بين درجتى حرارة ٩٠° و ٩٩° مئوية ، فماذا تعرف عن نوع هذا السائل بعد الذى ذكر ؟

تمارين عملية

(١) عين قابلية ذوبان مسحوق ملح البحار فى الماء ثم بلوره ثانيا واذكر هل يمكن فصله الى قسمين مختلفين فى قابلية الذوبان ؟ وقرر هل ملح البحار مادة نقية أو مخلوطة ؟

(٢) هل درجة حرارة غليان محلول من الملح فى الماء ثابتة ؟ اغل المحلول بضع دقائق وأنظر هل درجة حرارة الغليان تتغير ؟

الباب الخامس – الحوامض والقلويات

تنبيه : يجب تناول المواد المذكورة فى هذا الباب بالعناية ولا ينبغى أن تمس الجلد أو الملابس وإلا ساءت العاقبة ونتج عنها خسائر فادحة .

(١٣) الحوامض الكثيرة الاستعمال

تدريب ٢٦ – حامض الكبريتيك .

(١) املأ أنبوبة اختبار الى منتصفها حامض الكبريتيك التجارى المركز أى زيت الزاج ودوّن ما يمكنك تدوينه من خواصه الظاهرة ثم خذ أنبوبة اختبار أخرى واملأها لمنتصفها بالماء المقطر واسكب فيها مع الحذر[1] مرة بعد أخرى قطرات قليلة منه وهزها هزا غير متوالٍ مع مراقبة مايحصل ثم اذكر هل تصل الى حدّ يقف عنده ذوبان الحامض فى الماء ؟

(ب) املأ بودقة صغيرة الى منتصفها من الحامض المخفف الذى أعددته وسخنها على حمام الرمل داخل المدخنة ولاحظ البخار الصاعد ثم عيّن درجة الحرارة التى يبتدئ عندها تكوين هذا البخار وكذلك عيّن أعلى درجة للحرارة يصل اليها واستعمل فى ذلك ترمومترا مدرجا الى ٣٥٠° مئوية وقرر هل يمكن بخر حامض الكبريتيك الى نهايته ؟

(حـ) جفف كوبا صغيرا أو قارورة وأوجد وزنها ثم قس ٢٠ سـ م^{3} من حامض الكبريتيك التجارى بمخبار مدرج واسكبها فيها ثم أوجد وزن الحامض وحذار أن يقع شئ منه على كفة الميزان، ومما سبق احسب كثافة الحامض أى وزن كل سنتيمتر مكعب منه .

(ء) خفف الحامض الذى وزنته أخيرا بأن تسكب فيه ١٤٠ سـ م^{3} من الماء ورجه حتى يمتزج به ثم استعمله فى التجارب الآتية :

(أولا) أفرغ ثلاث قطرات أو أربعا فى أنبوبة اختبار مملوءة ماء وهز المزيج جيدا وذق قطرة واحدة منه ؛

---

(١) عند تخفيف حامض الكبريتيك أضفه الى الماء على الدوام ولا تعكس فان كل قطرة من الماء ترتفع حرارتها وربما استحالت الى بخار وتخضخض الحامض المركز على الجلد والملابس .

(ثانيا) خذ قليلا منه أيضا وأضف اليه قطرات من محلول صبغة عباد الشمس واذكر مايحدث من التغيّر فى اللون .

(هـ) بيّن التأثير الحادث من سكب قليل من حامض الكبريتيك المخفف على قطعة من الخارصين المحبب وقطعة من سلك حديدى (أو برادة الحديد) وقطعة من الرخام كل فى أنبوبة اختبار منفردة ثم ضع نقطا من الحامض المركز على ورقة ولاحظ ما يحدث .

تدريب ٢٧ — حامض الكلوردريك .

(ا) املأ أنبوبة اختبار الى منتصفها بحامض الكلوردريك ولاحظ خواصه الظاهرة ثم اسكبه تدريجيا فى أنبوبة اختبار أخرى مملوءة الى منتصفها بالماء المقطر واذكر هل يذوب عن آخره ؟

(ب) املأ بودقة من حامض الكلوردريك الذى خففته لمنتصفها وسخنها فى خزانة البخار (مدخنة) ولاحظ ما يحدث مع مراقبة درجة حرارة الغليان ثم اذكر هل ما بقى فيها سائل أو جسم صلب ؟

(حـ) أوجد كثافة حامض الكلوردريك المركز باستعمال الطريقة المتبعة فى حامض الكبريتيك (تدريب ٢٦ حـ) .

(ى) خفف الحامض الذى وزنته بخلطه بثلاثة أمثال حجمه من الماء وأوجد تأثيرهذا المحلول المخفف فى محلول عباد الشمس ثم اسكب بعض قطرات من المحلول المخفف فى أنبوبة اختبار فيها ماء وبعد هزها ذقها واذكر ما طعمها ؟

(هـ) أوجد ودوّن تأثيرالحامض المخفف فى قطع صغيرة من الخارصين والحديد والرخام .

تدريب ٢٨ — حامض الأزوتيك .

(ا) املأ أنبوبة اختبار الى منتصفها بحامض الأزوتيك المركز وبيّن خواصه الظاهرة واسكبه قطرة قطرة فى أنبوبة اختبار مملوءة لمنتصفها بالماء واذكر هل يذوب عن آخره ؟

(ب) املأ بودقة لمنتصفها من الحامض الذى خففته وسخنها فى خزانة الأبخرة ولاحظ البخار الصاعد، ما رائحته ؟أوجد درجة حرارة غليان هذا السائل ، هل يبخر جميعه؟

(حـ) اوجد كثافة حامض الأزوتيك بالطريقة المستعملة فى الحامضين السابقين .

(٤) خفف الحامض الذى استعملته فى (حـ) بخلطه بأربعة أمثال حجمه من الماء ، ما تأثير هذا فى عباد الشمس ؟

(هـ) ما تأثير المحلول المخفف فى قطع من الخارصين والنحاس والحديد والرخام وكذلك تأثير نقطة من الحامض المركز فى الخشب والورق والقماش ؟

تدريب ٢٩ — الخـــل — ماطعم هذا السائل وتأثيره فى عباد الشمس والرخام المسحوق ؟

خواص الحوامض — تعرف الحوامض من قديم الزمان ، فقد كان الخل يجهز بتعريض النبيـذ للهواء حتى يحمض أو يختل وذلك سبب تسميته بالخل ويحتوى على حامض الخليك ويشـــترك معه فى خاصـة الحموضـة الحوامض الثلاثة التى اختبرناها — الكبريتيك ، والأزوتيك ، والكلوردريك — وكذا تشترك جميعها فى تحويل لون صبغة عباد الشمس الأرجوانى الى اللون الأحمر القانى وفى إذابة الرخام وبعض الفلزات كالخارصين والحديد ويحق هنـا أن نلاحظ أن الحوامض يشابه بعضها بعضا مشابهة عظيمة مع أنها تختلف اختلافا بينا فى خواصها الطبيعية .

حامض الكبريتيك — سائل زيتى وبذا سمى "بزيت الزاج" وكثافته ضعف كثافة المـاء تقريبا وهو يذوب فيه حالا مهما كان مقداره ويحدث من هـذا الذوبان حرارة عظيمة وعنـد تبريد الحامض المركز تتكون بلورات تنصهر فى درجة حرارة ١٠° مئوية ويخرج من الحـامض ومن محلوله أيضا بخار كثيف أبيض اذا سخن ، ويغلى فى درجة حرارة ٣٣٨° مئوية باخرا من غير أن يترك بقية ويُصيِّر الخشب والورق فحما ويحرق الجلد .

حامض الكلوردريك — هو سائل مائع أكثف من المـاء نوعا ما (١,٢ تماما) قابل للذوبان فى المـاء قبولا عظيما يخرج منه عند تسخينه غاز ذو رائحة مغضبة ويغلى فى درجة حرارة ١١٠° مئوية ولا يترك بقية .

حامض الأزوتيك — هو سائل أسمر اللون بالاجمال كثافته ١,٥ بالنسبة للمـاء الذى يذيبـه مهما كان مقداره ، ويغلى الحامض التجارى المركز فى درجة ١٢٠° مئوية مكونا بخارا أسمر ويمكن تقطيره فى هـذه الدرجة وهو كحامض الكبريتيك يصير المواد

التى كالخشب والورق لحما ويدبغ الجلد بلون أصفر فاقع ويختلف عن الحوامض الأخرى فى كون محلوله المخفف يذيب النحاس ولكون هـذا الحامض يذيب من الفلزات أكثر مما يذيبه غيره من الحوامض الكثيرة الاستعمال اعتبر أقوى منها ولذا سمى باللاتينية بما معناه "الماء القوى" .

(١٤) القلويات الكثيرة الاستعمال

تدريب ٣٠ — البوتاسا الكاوية .

(ا) اكسر قطعتين صغيرتين من عود من البوتاسا الكاوية بظهر نصل المبراة . أعد العود الى القنينة حالا ثم اترك قطعة معرّضة للهواء على زجاجة ساعة وضع القطعة الثانية على زجاجة أخرى وافحصها ولا تمسها إلا قليلا جدا . أنظر الى تركيبها فى مكسرها ، هل هى بلورية ؟ ثم ضعها فى أنبوبة اختبار مملوءة الى منتصفها بالماء، هل يظهر لك أنها تذوب عاجلا ؟ اختبر القطعة المتروكة فى الهواء وعيّن ماطرأ عليها من التغيير .

(ب) بالل أصابعك بقطرة من المحلول الذى أعددته وادلكها بعضها ببعض واشرح التأثير الذى يحدث من ذلك ثم خفف نقطة من المحلول بخلطها بكمية من الماء تعادل أضعاف أضعاف حجمها وذق قطرة من هذا المحلول وخذ قليلا منه وأضف اليه قطرات من محلول عباد الشمس ولاحظ التأثير الحادث وكذلك أضف الى قطرات قليلة من محلول عباد الشمس قليلا من حامض الكلوردريك ثم أضف لذلك محلول البوتاسا على مهل قطرة بعد قطرة الى أن يحدث تغيير آخر فى اللون واشرح ما يحصل .

(حـ) ضع قطعة صغيرة من الحديد فى أنبوبة اختبار واغمرها بمحلول البوتاسا الكاوية وراقب ما يحدث ثم أعد هذه التجربة فى قطعة من الخارصين .

تدريب ٣١ — الصودا الكاوية — أعد فى الصودا الكاوية جميع التجارب التى استعملتها فى البوتاسا الكاوية واذكر ماتراه بينهما من الفرق إن كان هنالك فرق .

تدريب ٣٢ — الصودا المستعملة فى الغسيل (بلورات كربونات الصوديوم) .

(ا) اشرح خواص الصودا المستعملة فى الغسيل كما تراها واذا لم تجد بلورات منتظمة يمكن تجهيزها بالطريقة المتبعة فى تدريب ١٢ (هـ) وعيّن التأثير الذى يحدث فى البلورات بتركها معرّضة للهواء مدة .

(ب) هل الصودا المستعملة فى الغسيل سهلة الذوبان فى الماء ؟ ادلك المحلول بين أناملك وذق قطرة منه مخففة بالماء وقارن بين طعمها وطعم محلول الصودا الكاوية .

(حـ) عيّن تأثير محلول صودا الغسيل فى عباد الشمس وبيّن هل هذا المحلول يحوّل لون عباد الشمس الى الزرقة بعد تغيره بحامض مخفف وقبل أن تبت فى ذلك سخن المخلوط باللهب ولاحظ أيضا أى تأثير آخر يحدث عند ملامسة محلول صودا الغسيل للحامض .

(ى) عين تأثير الحوامض المخففة فى بلورات صودا الغسيل .

تدريب ٣٣ — البوتاسا (كربونات البوتاسيوم) — افحص القلوى الخفيف وهو البوتاسا بمثل مافحصت به صودا الغسيل واذكر بالاختصار الفرق بين القلويات الخفيفة — الصودا، والبوتاسا — وبين القلويات الكاوية .

القلويات الكاوية والخفيفة — عند فحص الصودا الكاوية والبوتاسا الكاوية يرى أنهما متشابهان تقريبا وأن خواصهما تكاد تكون واحدة، غير أن البوتاسا الكاوية أكثر قابلية للذوبان فى الماء ولولا ذلك لما أمكن تمييزهما بما لنا من المعلومات حتى الآن فهما جسمان صلبان كل منهما أبيض اللون يشبه الشمع بعض الشبه فى مظهره ولكنه يرى متبلورا اذا فحص طرفا العود وينصهر بسهولة بالتسخين واذا ترك فى الهواء يمتص منه الماء أو يتميع ويذوب فى الماء سريعا مكوّنا محلولا لو دُلِكَ بالأصابع يشعر بزلاقة ومذاق المحلول لمخفف من أيهما كمذاق الصابون ومن خواصهما التى يختلفان فيها عن الحوامض تمام الاختلاف أن محلوليهما يُصيّران لون عباد الشمس أزرق ناضرا ويحوّلان ما احمر منه بالحوامض الى لونه الأزرق، ولهذين القلوين قوّة إحراق الجلد وأكل مواد أخرى كثيرة ولذا سُمّيا "بالكاويين" أى المحرقين كما أن لهما قوّة إذابة بعض الفلزات ويحدث من الذوبان فقاقيع من الغاز .

أما صودا الغسيل والبوتاسا فانهما وان كانتا تحوّلان لون عباد الشمس الأحمر أزرق فهما لاتحدثان أثر الاحتراق فى الجلد أو الورق وبذا سميتا منذ عصور قديمة "بالقلويتين الخفيفتين" ويختلف مظهرهما اختلافا كليا عن مظهر القلويتين الكاويتين : البوتاسا، والصودا، وتباع الصودا الكاوية على شكل بلورات كبيرة شفافة تتزهر اذا عرضت للهواء ، وأما البوتاسا فتباع على شكل مسحوق أبيض يعرف بالإشنان .

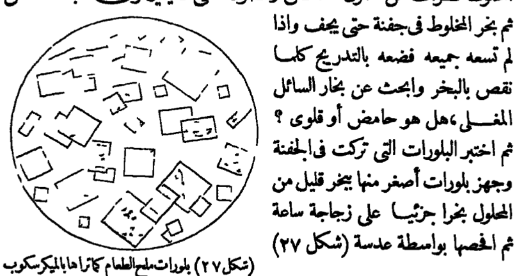
واذا خلطت القلويات الخفيفة بالحوامض ظهرت فقاقيع غازية لايظهر مثلها في القلويات الكاوية التي تسخن كثيرا .

(١٥) تفاعل القلويات والحوامض

تدريب ٣٤ — حامض الكلوردريك والصودا الكاوية .

(ا) خفف ٤ سـ م³ من حامض الكلوردريك المركز باضافة ٥٠٠ سـ م³ من الماء المقطر ثم أذب جرامين من الصودا الكاوية فى نصف لتر من الماء ورج كلا من المحلولين تماما ثم ضع فى دورق ٢٥ سـ م³ من محلول الصودا بواسطة السحاحة وأضف اليه مقدارا من محلول عباد الشمس يكفى لصبغه بلون ظاهر ثم اسكب عليه الحامض المخفف من سحاحة أخرى تدريجا حتى يبتدئ اللون يتحول أحمر . عيّن حجم ماسكب من الحامض من السحاحة فاذا كان زائدا على الحاجة فأعد العملية واتق هذه الزيادة فاذا حصلت على محلول لا أزرق ولا أحمر فابحث عن تأثيره فى قطعة من الخارصين وفى مسحوق صودا الغسيل وابحث أيضا عن فعله ،هل هو كفعل القلويات أو الحوامض ؟ واعرف بالتحقيق حجم ما استعملت من الحامض والقلوى فى تركيب المحلول .

(ب) ضع فى دورق ١٠٠ سـ م³ من محلول الحامض واحسب مقدار حجم محلول الصودا الكافى لأن يضاف اليه ليحصل مخلوط غير فعال فى عباد الشمس ثم هزهما معا تمام الهز وخذ قطرة من المخلوط على طرف قضيب من الزجاج وعيّن فعلها فى ورق عباد الشمس الأحمر والأزرق واذا تغيّر أحدّ اللونين فأضف الى المخلوط قطرات من محلول الحامض والصودا حتى لا يغير لون عباد الشمس ثم بخر المخلوط فى جفنة حتى يجف واذا لم تسعه جميعه فضعه بالتدريج كلما نقص بالبخر وابحث عن بخار السائل المغلى ،هل هو حامض أو قلوى ؟ ثم اختبر البلورات التى تركت فى الجفنة وجهز بلورات أصغر منها ببخر قليل من المحلول بخرا جزئيا على زجاجة ساعة ثم افحصها بواسطة عدسة (شكل ٢٧)

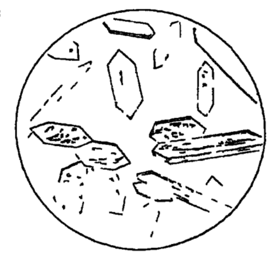


(شكل ٢٧) بلورات ملح الطعام كما ترا ها بالميكرسكوب

وعيّن طعم الجسم الصلب الناتج وفعله عند تسخينه فى أنبوبة اختبار وان أمكنك فأوجد قابلية ذوبانه فى الماء أيضا ومن هذه الحقائق حقق ذاته بما سبق لك فى الأجسام الصلبة التى اختبرتها وقارنه بالمادتين اللتين تكوّن منهما الحامض والقلوى .

تدريب ٣٥ — حامض الكبريتيك والصودا الكاوية .

(ا) جهز محلولا باذابة مايقل عن ٢ سـ م^{٣} من حامض الكبريتيك فى نصف لتر من الماء ، هل فعل محلول الصودا الكاوية الذى جهزته فى تدريب ٣٤ (ا) فى حامض الكبريتيك كفعله فى حامض الكلوردريك ؟ إجر فى العمل كما فعلت فى حامض الكلوردريك والصودا الكاوية ولاحظ بالضبط الحجم الذى يكفى من كل من المحلولين لاحداث التعادل .



(شكل ٢٨)
بلورات ملح جلوبير كما راها بالميكرسكوب

(ب) جهز ناتجا صلبا من محلول حامض الكبريتيك والصودا الكاوية وافحص البلورات بعدسة (شكل ٢٨) وعيّن طعمها وقابلية ذوبانها فى الماء وتأثير تسخينها وقارنها بالمادتين اللتين كوّنت منهما وبالجسم الصلب المجهز فى تدريب ٣٤ (ب) . هل هى نفس هذا الجسم الاخير أو تشابهه فقط ؟

تدريب ٣٦ — حامض الكلوردريك والبوتاسا الكاوية .

(ا) أذب ٣ جرامات من البوتاسا الكاوية فى ٥٠٠ سـ م^{٣} من الماء وهز المخلوط هزا جيدا وبيّن هل يمكن معادلته باضافة محلول حامض الكلوردريك المستعمل فى تدريب ٣٤ (ا) واذا كان كذلك فما الحجمان اللازمان من كل لاحداث التعادل ؟

(ب) جهز جسما صلبا من محلول البوتاسا وحامض الكلوردريك وقارنه مقارنة دقيقة بالمادتين الناتجتين فى تدريبى ٣٤ (ب) و ٣٥ (ب) .

تدريب ٣٧ — حامض الكبريتيك والبوتاسا الكاوية — أوجد بالدقة مقدار حجمى محلولى البوتاسا الكاوية وحامض الكبريتيك اللازمين لاحداث التعادل

وجهز بتفاعلهما جسما صلبا وقارنه بالأجسام الناتجة فى تدريب ٣٤ (ب) و ٣٥ (ب) و٣٦ (ب) .

التعادل — اذا اختلط محلول حامض الكلوردريك بالصودا الكاوية على نسبة معينة فان خواص السائل الحادث لاتكون حامضية ولا قلوية إذ أنه لايؤثر فى عباد الشمس الأزرق أوالأحمر ولايذيب الفلزات كالخارصين مثلا ولايؤثر فى الرخام ومهما ركز لا يحرق الجلد ولا يأكل القماش ومن هنا جاء الاختلاف بينه وبين القلوى والحامض اللذين تركب منهما ويقال للحلول "متعادل" أى أن خواصه لا حامضية ولا قلوية .

تجهيز محلول متعادل — يمكن تجهيز محلول متعادل من محلولين من الحامض والقلوى فبعد هز كل منهما وحده هزا تاما نأخذ حجما معينا من محلول الصودا الكاوية فى دورق ونضيف اليه من محلول عباد الشمس مايكفى لصبغه ثم نسكب فوقه حامض الكلوردريك تدريجا حتى يصير اللون ارجوانيا وهنا لو أضيفت نقطة واحدة من حامض الى المحلول لكفت فى تغيير لونه الى الحمرة ولو أضيفت اليه نقطة واحدة من قلوى لصيرته واضح الزرقة .

ويمكن أن يحسب كما يأتى :

إذا كان ٢٥ سـ م^{٣} من محلول الصودا يتعادل باستعمال ٢٨٫٧ سـ م^{٣} من الحامض.

فحينئذ ١٠٠ سـ م^{٣} من هذا المحلول تتعادل باستعمال ١١٤٫٨ سـ م^{٣} من الحامض.

فإذا اختلط المحلولان بهذه النسبة فالناتج يكون متعادلا ولكونهما هزا فى بادئ الأمر يمكن اعتبار أن الحامض والقلوى منتشران تمام الانتشار فى جميع أجزاء المحلول أى أن الحجوم المتساوية من محلول الحامض تحتوى على أوزان متساوية من الحامض نفسه، وكذلك فى الصودا فهذا يدلنا على أن لكل وزن من الحامض وزنا معينا من الصودا الكاوية يحدث فيه التعادل .

ناتج المحلولات المتعادلة — إذا تكوّن محلول متعادل بمزج محلولى الحامض والقلوى بنسب معلومة وبخر المخلوط حتى جف حدثت بلورات بيضاء اللون تظهر عند فحصها بعدسة فى شكل مكعبات صغيرة (شكل ٢٧) ولا تتغير عند تسخينها فى أنبوبة زجاجية ولا تنصهر وإذا تركت فى الهواء لا تمتص منه ماء ولكنها تذوب حالا فى الماء وخواص محلولها لا حامضية ولا قلوية وعند بخره لا يصعد منه بخار حامضى وطعم هذه البلورات،

والمحلول أيضا يشابه طعم ملح الطعام وبمقارنة هذه البلورات بكلتا المادتين المتكوّنة منهما يرى أن القلوى وحده لا يكوّن بلورات على شكل مكعبات وينصهر عند تسخينه ويمتص الماء من الهواء ويحرق الجلد الى حدّ أنه لا ينبغى ذوقه إلا اذا كان فى محلول مخفف جدا، ويرى أيضا أن الحامض سائل طيار يذهب بالبخر مكوّنا بخارا حامضا ولا يترك وراءه بقية فالمادة الجديدة تختلف فى جميع خواصها عن الحامض والقلوى تمام الاختلاف .

وإذا أنعم النظر فى الأجسام التى عرفناها آنفا يرى أن هذا الجسم الجديد يشابه ملح الطعام تقريبا فذوقه وشكله البلورى وفعل الحرارة فيه تنطبق على الملح، وهذه الخواص وحدها لا تكفى ولكن تعيين قابلية ذوبانه فى الماء ينفى كل شك فقد وجد أن ١٠٠ جرام من الماء فى درجة حرارة ١٥° مئوية تذيب ٣٥,٧ من الجرامات منه وهذه بعينها قابلية ذوبان ملح الطعام فى هذه الدرجة من الحرارة .

التعادل هو تغير كيميائى — مما سبق يرى أنه لا مندوحة من أن نستنتج أنه اذا خلط محلول حامض الكلوردريك بالصودا الكاوية اختفت المادتان تماما ويحدث مادة جديدة مخالفة لهما كل المخالفة وهى ملح الطعام ويسمى كل تغير كهذا نتج من تحوّل مادة أو عدّة مواد الى مادة أخرى مخالفة للأولى بالتغير الكيميائى، ومن هنا نفهم ماهية علم الكيمياء فانه يبحث فيه عن التغيرات الكيميائية بخلاف الطبيعة فانه يبحث فيها عن التغير الطبيعى للمادة فى خواصها من غير أن تنتج عنها مادة أخرى فتمغطس قضيب من الفولاذ مثلا تغير طبيعى لأن القضيب يصير مغناطيسا وله فيما عدا ذلك جميع خواص الفولاذ .

تعادل حامض الكبريتيك والصودا الكاوية — هنا أيضا يمكن تكوين محلول جديد من محلولى حامض الكبريتيك والصودا الكاوية يكون متعادلا ليس له خاصة من الخواص التى لمحلول الحامض أو لمحلول القلوى فاذا ماجف نتج جسم بلورى يختلف تمام الاختلاف عن كلتا المادتين المتكوّن منهما طعمه ملحى إلا أنه لا يشابه ملح الطعام فى تبلوره بل يختلف عنه فى كونه يحتوى على ماء التبلور وعند تسخينه تنصهر البلورات وتفقد ماء تبلورها واذا فحصت الخصّيات الطبيعية الثابتة لهذا الجسم الصلب الجديد يرى أنه هو المادة المعروفة باسم "ملح جلوبير" .

المواد المتكوّنة فى حالات أخرى من التعادل — يمكن تكوين محلولات متعادلة بخلط أى حامض بقلوى ويبخر المحلول ينتج جسم صلب بلورى ملحى الطعم فى الغالب فإذا اختلط حامض الكلوردريك بالبوتاسا الكاوية وكوّنا محلولا متعادلا فعند بخره يحصل جسم صلب يشابه ملح الطعام فى خواصه حتى يتعسر التمييز بينهما إلا بمقارنة قابليتهما للذوبان فى الماء إذ يظهر منها أنهما جسمان مختلفان .

ولا فرق بين الجسم المتعادل المكوّن من حامض الأزوتيك والبوتاسا الكاوية وبين ملح البارود وتسمى الموادّ المكوّنة من الحوامض والقلويات "بالأملاح" لمشابهتها لملح الطعام فيكون لكلمة ملح معنيان فهى تدل على ملح الطعام وعلى المواد العديدة المكوّنة من حامض وقلوى والتعادل يعتبر تغيرا كيميائيا إذ يتكوّن ملح جديد من كل حامض وقلوى ولكل وزن معين من الحامض وزن محدود من القلوى لاحداث التعادل .

أوزان الحوامض والقلويات اللازمة لإحداث التعادل — بمقارنة حجمى الحامض والقلوى اللازمين لاحداث التعادل نرى أمرا غريبا ، فاذا فرض أن ١ سـ م^{٣} من محلول الصودا الكاوية تعادل باستعمال ٠,٩ سـ م^{٣} من حامض الكلوردريك أو ١,٢٦ سـ م^{٣} من حامض الكبريتيك فان حجمى حامض الكلوردريك وحامض الكبريتيك اللازمين لتعادل ١ سـ م^{٣} من أى محلول من محلولات البوتاسا يكونان بنسبة ٠,٩ الى ١,٢٦ فاذا لزم لكل ١ سـ م^{٣} من محلول البوتاسا ١,١ سـ م^{٣} من محلول حامض الكلوردريك لزم له ١,٥٤ سـ م^{٣} من محلول حامض الكبريتيك ونتوقف صحة هذه الأعداد على درجة تركيز المحلولات وتظهر هذه الخاصة فى جميع الأحوال .

أسـئلة على الباب الخامس

(١) اذكر بعض الخواص الشهيرة للقلويات وبيّن ما تجريه من الاختبارات حتى تعلم هل هى خفيفة أو كاوية ؟

(٢) كيف تجهز مادة متعادلة من حامض وقلوى ؟ هل هذا التغير كيميائى أو طبيعى ؟ عزز قولك بالبرهان .

(٣) ما الخواص العامة للحوامض الشهيرة ؟ مثّل .

(٤) سمّ ملحين مشهورين غير ملح الطعام وصف مظهرهما .

(٥) اذا كان جسم صلب أبيض يذوب قليلا فى الماء ويصيّر محلول عباد الشمس الأحمر أزرق ويكوّن بلورات عديمة اللون لا تؤثر فى ورق عباد الشمس الرطب عند إذابتها فى حامض الكلوردريك وبخرها فاذكر الى أى نوع من المواد ينتسب هذا الجسم الأبيض .

تمارين عملية

(١) اختبر الجير الحىّ وضع قطعة منه فى الماء ثم أضف اليها بالتدريج كمية من حامض الكلوردريك تساوى الماء فى الحجم ثم رشح السائل وبخر حتى يجف . اختبر الجسم الحادث وقل الى أى نوع من المواد ينتسب .

(٢) اختبر حامض الطرطريك وأذب كمية قليلة منه فى الماء وقارن بين خواص المحلول وخواص محلولات الحوامض الشهيرة .

(٣) أجر عدّة اختبارات تثبت بعدها فى كون الجير من القلويات الكاوية أو الخفيفة .

(٤) اختبر ملح النوشادر وبيّن هل هو أكثر مشابهة للحوامض أو القلويات أو الأملاح؟

الباب السادس — فى صدأ الحديد

(١٦) صدأ الحديد

تدريب ٣٨ — سبب صدأ الحديد .

(أ) اكتب ماتعلمه عن سبب صدأ الحديد وبيّن ماتفعله ليصدأ أو ماتفعله اذا كان فى حجرة جافة وأردت أن يصدأ .

(ب) ضع قطعا من الحديد اللامع فى اناء مقفل معلق فيه كيس يحتوى على جانب من كلورور الكلسيوم الجاف واذكر مايكون أثر الكلورور (أنظر تدريب ١٥ « أ » وصفحة ٤٢) وبعد بضعة أيام اختبر الحديد لترى الى أى حدّ صَدِئ ثم أخرج الكلورور وضع على الحديد قليلا من الماء وأعد اختبار الحديد بعد بضعة أيام .

(ح) جهز مايملأ دورقا من الماء الخالى من الهواء المذاب كما هو مبين بتدريب ٢٥ وبعد تبريد الماء أسقط فيه سلكا ملفوفا من حديد لامع وأقفل الدورق حالا وبعد بضعة أيام بيّن الى أى حدّ صَدِئ الحديد .

(ى) وفى أثناء ذلك ضع شيئا من الحديد المندى بالماء على زجاجة ساعة واختبره مع ما استعملته فى التدريب السابق وقارن النتيجتين .

تدريب ٣٩ — خواص صدأ الحديد — خذ شيئا من صدأ الحديد الذى يمكن الحصول عليه بكشطه من قطع الحديد المعرضة للجو وقارن خواصه الطبيعية بخواص الحديد بما فى ذلك من اللون واللين والهش والكثافة . هل تعتبر الحديد وصدأه شيئين مختلفين ؟

تدريب ٤٠ — هل يتغير وزن الحديد إذا صدئ ؟

(ا) حقق هل يغير صدأ الحديد وزنه ؟ وذلك بأن تزن شيئا من برادته [1] الجافة على زجاجة ساعة مع محرك من النحاس ثم أضف قطرات من الماء الى الحديد واتركه يوما على الأقل واذا صدئ فاكشف طبقة جديدة لم تصدأ بخفة وندها ثانية واحترس من أن تزيح من البرادة شيئا وكرر هذه العملية الى أن يصدأ الحديد عن آخره وبعد تجفيفه فى فرن الهواء الساخن أوجد وزنه مع زجاجة الساعة والمحرك وبين هل تغير الوزن ؟

(ب) أجب عن الأسئلة الآتية أثناء شرح نتيجة عملك :

(١) هل يصدأ الحديد فى الهواء الجاف ؟

(٢) هل الماء وحده سبب صدأ الحديد ؟

(٣) هل صدأ الحديد تغير كيميائى أو طبيعى ؟

(٤) من أى المصادر يمكن أن تحدث زيادة وزن الحديد اذا صدئ ؟

(ح) ابحث عن إمكان كون زيادة الوزن من الهواء وذلك بأن تملأ كيسا من الشاش ببرادة الحديد ونعلقه داخل اسطوانة أو مخبار على قضيب من الزجاج أو سلك من النحاس وبعد تندية البرادة نكس المخبار فى ماء غير عميق (شكل ٢٩) ولاحظ ارتفاع الماء فى الدورق وبعد قليل من الأيام انظر هل حصل تغير ؟ وقرر أى الأشياء قد استعمل أثناء طرق الصدأ ؟



(شكل ٢٩) فعل برادة الحديد فى الهواء

(١) يجب قبل استعمال البرادة المستخدمة فى هذه التجارب أن تغسل بالكحول التجارى وهو يغلى وتجفف لازالة المادة الدهنية منها .

الشروط الضرورية لصدأ الحديد — من المعلوم أن الحديد يصدأ عند تركه معرضا للجو أى أن سطحه يغطى ببطء بقشرة خشنة من مادة سمراء تختلف اختلافا بيّنا عن الحديد فما سبب هذا الصدأ يا ترى ؟ الجواب : ان الحديد إذا ترك فى قنينة جافة محكمة الاقفال ولو عدّة أسابيع لايصدأ لاسيما إذا وضع فى القنينة مادّة مثل كلورور الكلسيوم تمتص الماء من الهواء وإذا أدخل الماء القنينة أخذ الحديد يصدأ بعد بضع ساعات فيظهر أنه يلزم لصدأ الحديد وجود الماء وهذا لاشك يوافق عرف العامة وهو أن الأشياء المصنوعة من الحديد لاتصدأ فى الأمكنة الجافة إلا اذا ابتلت بالماء .

هل الماء وحده يسبب صدأ الحديد ؟ — لاستنباط ذلك توضع قطع من الحديد اللامع فى دورق مملوء بالماء المقطر بعد إزالة الهواء منه بالاغلاء (صفحة ٤٢) ويحكم اقفاله بسداد فيرى أن الحديد لايكاد يصدأ مهما طال وجوده بالدورق ما دام الصمام محكما فيظهر أن وجود الماء وحده ليس سببا كافيا فى صدأ الحديد ويلاحظ من جهة أخرى أن الحديد المبلول فى إناء مفتوح يصدأ بسهولة كما حصل فى اخراج كلورور الكلسيوم من الدورق وادخال الماء فيه ولما كان الهواء هو المادة الوحدة الأخرى بالدورق تعين أن نسأل هل للهواء دخل فى صدأ الحديد ؟ ومع ذلك رأينا فى حالتين أن الحديد لايصدأ : (١) بوجود الماء وحده بغير هواء (٢) ووجود الهواء وحده بغير الماء ولكنه يصدأ بسهولة إذا كانا معا فلا بدّ من الهواء والماء لصدأ الحديد .

هل صدأ الحديد تغير كيميائى ؟ — الحديد فى حالة النقاوة فلز أشهب اللون لامع متين جدّا غير هش بحال يمكن طرقه وسحبه حتى يصير أسلاكا ، أما الصدأ فهو مادّة كدرة سمراء هشة حتى تتفتت إذا طرقت وكثافة الحديد تساوى ٧٫٨ تقريبا مع أن كثافة الصدأ لا تساوى إلا ٢٫٥ فقط فصدأ الحديد مادّة مختلفة اختلافا كليا عن الحديد وبذا يكون تحوّل الحديد الى صدأ تغيرا كيميائيا إذ حصل منه مادّة جديدة وقد رأينا فى الباب السابق أن التغير الكيميائى الذى أنتج ملح الطعام حدث من تفاعل مادّتين هما الحامض والقلوى وهنا يسأل : هل الصدأ يتكوّن من الحديد فقط أم هل هناك مادّة أخرى تشترك فى احداث التغير الكيميائى ؟

تغير وزن الحديد عند صدئه — وزنا قطعا من الحديد الجاف فى زجاجة ساعة وبللناها ثم تركناها تصدأ فلوحظ تغير فى الجوانب المعرضة للهواء فقط فقلب الحديد

بمحرك معلوم الوزن و بلل حتى صدئ الحديد كله تقريبا ثم جفف الصدئ جيدا لازالة مايمكن أن يكون فيه من المـاء ووُزِن فلوحظ أن الوزن زاد فمن أين أتت هذه الزيادة ؟

إذا وجدنا أن مادة ثقلت نظن أنه لابد أن قد أضيف إليها شئ ولو ثقل حيوان أو نبات فانمـا ذلك بسبب وصول الغـذاء إليه ولا بأس هنا من أن نجرى على هـذه الفكرة فى التفاعل الكيميائى فننظر عند زيادة وزن مادة الى ما حولهـا من المواد لنعلم هل هذه الزيادة مستفادة من تلك الأجسام .

مصدر زيادة الوزن عند صدا الحديد — بينا أن الحديد انما يصدأ اذا جاور الهـواء والمـاء معا فهل زيادة الوزن من أحد هاتين المـادتين ؟ لأجل أن نعرف هل للهواء دخل نأخذ كيسا من الشاش ونضع فيـه حديدا رطبا ونعلقه داخل دورق (شكل ٢٩) ننكسه فى المـاء حتى لايدخله الهواء أو يتسرب منه وبعد بضعة أيام يُرى أن المـاء قد ارتفع فى الدورق فإما أن يكون الهواء قد انكمش وإما أن يكون قد اختفى منه بعضـه ولكن باختبار الحديد يرى أنه صدئ ولو أضـفنا الى هذه الحقيقة حقيقة أخرى هى زيادته فى الوزن بسبب الصدأ اتضح أن الحديد أثناء صدئه يمتص مادة من الهواء وأن الهواء له دخل فى إحداث التغير الكيميائى وهنا يجب أن نلاحظ أن المـاء يجوز أن يكون له فعـل فى هذا التغير لأنا لمـا تقطع بأن الهواء وحده هو الذى أحدث زيادة الوزن فلربمـا كان بعض المـاء قد استعمل أيضا .

(١٧) تأثير الصدأ فى الهواء

تدريب ٤١ — اختبار الهواء الذى صدئ فيه الحـديد .

(ا) أعدّ تجربتين كما هو مبين بتدريب ٤٠ (حـ) واترك المخبارين حتى يبقى ارتفاع المـاء ثابتا فيهما بعد مضىّ يوم وبيّن ارتفاع المـاء بالصاق قطعة ورق مغرية .

(ب) ثم اختـبر ما فى أحدهما بأن ترى أوّلا هل يختلف فى مظهره عن الهواء المعتاد ؟ ثم تقفل فوهة المخبار بلوح من الزجاج وترفعـه من المـاء جاعلا الفوهة الى أعلى ثم تدخل فيه شمعة رفيعة موقدة أو ورقة ملتهبة مثلا وتراقب ما يحدث .

(حـ) أدخل فى المخبـار الثانى قطعـة من سلك حديدى لامع بحيث لايدخل معها هواء وبعد بضعة أيام أنظر هل صدئ السلك ؟

(ى) إذا فحصت ما فى المخبارين من الغاز فعيّن حجم المـاء الكافى لتكملة ملئهما وعيّن أيضا حجمهما الكلى ومن ذلك احسب (١) حجم الهواء الذى استعمل (٢) حجم الهواء الباقى ونسبة الهواء المستعمل فى الصدأ الى الهواء الكلى .

(هـ) اكتب شيأ عن مشابهة الغاز الذى بقى بعد الصدأ للهواء العادى ومخالفته له .

الهواء الذى صدئ فيه الحديد — إذا صدئ الحديد فى اناء مقفل فان بعض ما فيـه من الهواء يستعمل ويبقى الجزء الأكبر وباجراء تجارب على نحو ما بصفحة ٥٩ (شكل ٢٩) يرى أن المـاء لا يبلغ أكثر من خمس ارتفاع أحد المخبارين وربمـا كان ذلك من انقطاع عملية الصـدأ على عَقِب تغطية سـطح الحديد المعرّض للهواء بقشرة من الصدأ ولكن اذا ملئت قطع من الحديد اللامع وأدخلت المخبار من غير أن يتسرب فيه الهواء أثناء ذلك لا يظهر عليها علامات الصدأ ولا يستعمل غير ما استعمل من الهواء من قبل وهذا ممـا يدل على أن الهواء الباقى فى المخبار قد تغيّر بعض الشئ لأنه فقد قوة المساعدة على الصـدأ وليس هذا كل ما فى الأمر فاذا أدخلت فيـه شمعة رفيعة موقدة تطفأ فى الحال وكذا كل ملتهب من الورق والخشب وغيرهما ولا يمكن أى حيوان أن يعيش فيه كما بين ذلك رَذَفُرد الكيميائى الانجليزى وهو أوّل من اختبر خواصـه ولهذا يعرف بالهواء غير الفعال .

أسـئلة على البـاب السادس

(١) إذا وضع فى قنينة شئ من برادة الحديد المبلولة وأقفلت بسداد وتركت بضعة أيام ثم نكست فوهتها فى المـاء ونزع السداد فمـاذا نتوقع حدوثه ؟

(٢) ما الأدلة القائمة على أن صدأ الحديد تغير كيميائى ؟

(٣) إذا عُلق كيس فيـه برادة الحديد مبلولة داخل قنينة فوهتها فى المـاء وترك بضعة أيام فمـا التغير الذى يعرض (ا) للحديد (ب) لهواء القنينة ؟

(٤) اشرح التجارب التى توضح سبب صدأ الحديد اذ عرّض للهواء الرطب .

(٥) إذا كان الحديد لا يصدأ فى المـاء النقى أو فى الهواء الجاف فما التجارب التى تبين الحالتين ؟ وما النتائج التى تستنبطها من ذلك ؟

تمارين عملية

(١) خذ أنبوبة طويلة واقفل أحد طرفيها وبلل جوفها وذر فيها شيئا من برادة الحديد ثم ثبتها بحيث تكون فوهتها منكسة فى الماء واتركها حتى يمتص الحديد ما يمكنه من الهواء ثم احسب مقدار ما يستعمل من الهواء فى المائة فى صدأ الحديد .

(٢) عيّن بالضبط فعل حامض الكبريتيك المجفف فى صدأ الحديد . اذا رشح المحلول وبُخِّر حتى ظهرت بلورات فصفها وقارنها بالبلورات الحادثة من ذوبان الحديد فى حامض الكبريتيك وبَخْر المحلول .

(٣) هل يصدأ الحديد بوضعه فى ماء الحنفية المعتاد ؟ الى أى حدّ تدل نتائجك على أن الهواء يذوب فى الماء ؟

الباب السابع — فى الاحتراق . الأكسجين

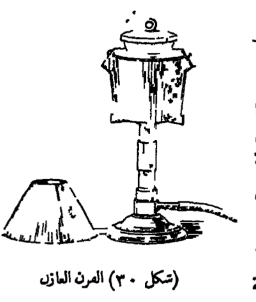
(١٨) نتائج تسخين الفلزات

تدريب ٤٢ — تأثير الحرارة فى الفلزات :

(أ) امسك بملقط قطعا صغيرة من النحاس والقصدير والخارصين وقطعة من شريط المغنسيوم وأخرى من سلك حديدى سميك وسخنها فى اللهب الى درجة الاحمرار واتركها فى هذه الدرجة بضع دقائق ثم حولها عن اللهب وعيّن بالضبط التغير الحادث والمولدات الناتجة فى كل حالة .

(ب) سخن نحو ربع متر من شريط المغنسيوم بعد وزنه فى بودقة وعند ما يحترق ضع الغطاء فوق البودقة حتى تكون مقفلة تقريبا وحالما تبرد زنها وبيّن ما حصل من التغير فى الوزن .

(حـ) إذا أمكن الحصول على الفرن العازل[1] (شكل ٣٠) فسخن فيه قطعا من صفيحة



(شكل ٣٠) الفرن العازل

(١) هو الذى يعزل أبخرة الوقود المستعمل فى التسخين عن الأبخرة الحاصلة من الجسم المسخن .

نحاس فى بودقة كما فعلت فى المغنسيوم لترى هل حصل تغير فى الوزن مع ترك البودقة فى الفرن بدون غطاء نحو ثلاثة أرباع الساعة على الأقل ؟

(ى) كرر تجربة (حـ) مستعملا سلك الحديد بدلا من النحاس .

ما يحصل من التغير عند تسخين الحديد — عرف الناس قديما أنه اذا سخن فلز تسخينا مستمرا فانه يأخذ تدريجيا فى التحوّل الى مادّة أخرى مخالفة للمادّة الأولى فى مظهرها ، فالرصاص مثلا هو فلز أشهب كدر (دع أنه لامع عند أوّل قطعة) اذا سخن فى بودقة ينصهر أوّلا ثم يعلوه زبد ملوّن ثم يصير أخيرا مسحوقا أصفر أو أحمر بعد تبريده لا ينصهر بسهولة .

كذلك النحاس ذلك الفلز الأحمر اللامع اللدن اللين حتى يمكن طرقه يستحيل بالتسخين الى مسحوق أسود كدر هش لا يشبه النحاس الأصلى فى شىء .

وكذلك اذا سخن المغنسيوم ذلك الفلز الأبيض اللامع فانه يشتعل و يستحيل الى مسحوق أبيض ناعم والخارصين والقصدير يشتعلان اذا سخنا بالبورى و يستحيلان الى مسحوق أبيض .

والرصاص إذا صهر و برد يتحوّل الى جسم صلب لا يختلف عن أصله إلا فى التشكل أى لم تتكوّن منه مادّة جديدة و بذا نعتبر ذلك تغيرا طبيعيا ولكن باستمرار التسخين يحصل تغير آخر فيتحوّل الرصاص الى جسم جديد مسحوق يكاد يختلف اختلافا كليا عن الأصل فهذا التكوين الجديد كافٍ للدلالة على أن تسخين الرصاص فى الهواء يحدث تغيرا كيميائيا فنستنبط أن التغير الذى يحدث من تسخين النحاس والمغنسيوم والخارصين والقصدير هو تغير كيميائى بدلالة تكوين مواد جديدة .

تغير الوزن بتسخين الفلزات — يلاحظ فى صدأ الحديد أنه قد ظهر مع التفاعل الكيميائى تغير فى الوزن فهل يحصل مثل هذا فى استحالة الفلزات الى مسحوقات ؟ والجواب هو أن نسخن فى بودقة أوزانا معلومة من الرصاص والنحاس والمغنسيوم الأوّل والأخير على مصباح بنزن وأما النحاس فيجب تسخينه فى الفرن العازل أو أى فرن صغير وفى جميع هذه الأحوال يزيد الوزن بلا شك فالفلزات يزيد وزنها بالتسخين فى الهواء ولكن من أين هذه الزيادة ؟ .

(أمام صـــفحة ٦٣)



أنتوان لورن لفواريه (١٧٤٣ — ١٧٩٤)

Antoine Laurent Lavoisier

أصل زيادة الوزن عند إحماء الفلزات — يرى أن الحديد يزيد وزنه اذا صدئ بأخذ بعض الهواء المحيط به (صفحة ٥٩) ولا نخال إلا أن الفلزات عند إحمائها تكسب هذه الزيادة من الهواء وربما كان ذلك من اللهب وتكفى تجربة بسيطة للدلالة على أن أحد هـذين الفرضين هو الحقيقة بعينها فاذا سخن المغنسيوم فى بودقة محكم غطاؤها لا يتغير الوزن ومظهر الفلز ولا يحترق المغنسيوم إذ حبس عنه الهواء ولقد قام لڤوازييه الفرنسى الشهير منذ زمن يربو على مائتى عام ونقب عن المصـدر الحقيقى لزيادة وزن الفلزات فوضع من فلز القصدير مقدارا معلوم الوزن فى معوجّة ثم سخن فوهتها فأغلقها .

وبعد وزن المعوجة سخنها زمنا طويلا حتى تحوّل جزء من القصدير الى مادّة سوداء وبعـد تبريدها وجد أن وزنها يكاد يكون كما كان أوّلا ولما لم يدخل المعوجة أو يخرج منها شىء فقد انتفت فكرة أنّ للّهب أو مجرد التسخين به دخلا فى زيادة وزن القصدير .

ولما كسر رقبة المعوجة سمع صـوتا دالا على دخول الهواء ثم وزنها ثانية فوجد أنه قد زاد وزنها ولا شك أن هذه الزيادة هى وزن الهواء الذى دخلها ولما وزن القصدير وحده ثانيا وجد أنه زاد فى الوزن زيادة تكاد تطابق وزن كمية الهواء الذى دخل المعوجة عند فتحها ووجد أيضا أن وزن المعوجة لم يتغير عما كان فى بدء التجربة .

استنتاجات تجربة لڤوازييه (Lavoisier) — بعد هذه التجربة تمكن لڤوازييه من استنباط نتائج هامّة جدّا .

(١) من حيث ان وزن المعوجة لم يتغير بعد التسخين فلا شىء خارج المعوجة أثر فى تغير وزن القصدير ومن حيث لم ينقص وزنها أثناء التجربة ينتج أن القصدير لا يكتسب هذه الزيادة من المعوجة نفسها .

(٢) من حيث ان هواء المعوجة قلّ حجمه أثناء التسخين بدليل دخول الهواء فيها عند فتحها وأن وزن الهواء الداخل يكاد يساوى زيادة وزن القصدير فذلك يكاد يكون برهانا قاطعا على أن جزءا من الهواء يدخل فى تركيب القصدير فيكوّن مادّة سوداء .

فلا شك أن لڤوازييه قد حلّ هذه العقدة فالفلزات المسخنة تزيد فى الوزن لاتحادها بجزء من الهواء .

(٣) من حيث ان الذى يتغير مهما طال التسخين انما هو جزء من القصدير وأنه اذا كبرت المعوجة زاد الوزن المكتسب يتعين أن زيادة الوزن تدل على وزن الهواء المستعمل .

(٤) وبمعرفة الوزن الأصلى لهواء المعوجة تمكن لڤوازييه من حساب نسبة جزء الهواء الذى اتحد بالقصدير الى الهواء الأصلى وقد وجد فى جميع الأحوال أن وزن المستعمل من هواء المعوجة لم يبلغ قط ربع ما فيها مع أن معظم القصدير لم يتغير .

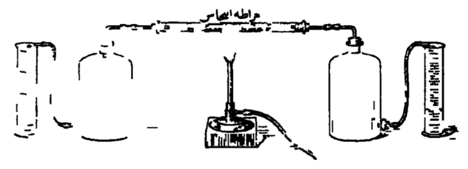
وبذلك وصل لڤوازييه الى حقيقة أخرى هى أن جزءا صغيرا فقط من الهواء (أقل من الربع وزنا) يدخل فى الاتحاد وأن الباقى لا فعل له فى القصدير المسخن فالهواء يتركب من غازين مختلفين أحدهما يتحد بالفلزات المسخنة والآخر ليس كذلك .

(١٩) الهـــواء غير الفعـــال

تدريب ٤٣ — تجهيز الهـــواء غير الفعال .

(أ) خذ قطعة من شريط المغنيسيوم بملقط وأوقدها بوضعها فى اللهب ثم ادخلها فى مخبار مملوء بالهواء وغط الفوهة بلوح محكم من الزجاج ثم انظر بعد ذلك هل تحترق قطعة أخرى من المغنيسيوم فى هذا المخبار ؟ فعند ما لا تحترق فى هوائه جرب هل يمكن أن تحترق فيه أجسام أخرى مما يقبل الاحتراق ؟

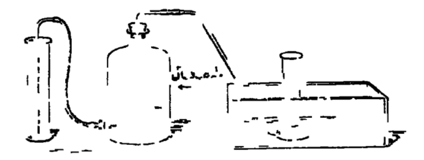
(ب) جهز كثيرا من هذا الغاز بامرار الهواء على نحاس مسخن وذلك بأن تسخن أنبوبة من زجاج متين طولها ٣٠ سنتيمترا تقريبا فيها مخروط النحاس وتقفل كلا من طرفيها بسداد من الصمغ المرن قد نفذت فيه أنبوبة زجاجية تتصل بماصّ عند فوهته العليا ثم توصل بالفوهة السفلى لكل ماص أنبوبة من الصمغ المرن تنتهى بأنبوبة طويلة من الزجاج يصل طرفها الى قعر مخبار مدرج (شكل ٣١)



(شكل ٣١) تمرين الهواء على النحاس المسخن

وليكن فى كل ماص من الماء مايكفى لتغطية الفتحة السفلى وفى كل مخبار مدرج مايملأ ربعه ويغطى جزءا من الأنبوبة الزجاجية والآن فارفع أحد المخبارين واخفض الآخر بالتبادل حتى يخرج هواء كل من أنبوبتى التوصيل ويحل المـاء محله وبعـد تعيين ارتفاع المـاء فى المخبارين سخن النحاس تسخينا شديدا وبرفع أحد المخبارين وخفض الآخر يمر هواء المـاصين طردا وعكسا على النحاس وهكذا تجرى هذه العملية عدّة مرّات ثم دع الأنبوبة تبرد وانظر هل حجم الماء فى مخبارى القياس قد نقص؟ فاذا كان كذلك فلا شك فى أن هواء المـاصين قد نقص أيضا والآن سخن النحاس وأمرّ عليه الهواء ثانيا كما سبق وأنظر هل حجم الهواء نقص؟ فإذا كان كذلك فاستمر فى امرار الهواء على النحاس المسخن مرّة أخرى .

(حـ) بعد وضع الجهاز بحيث يكون سطح الماء فى المخبارين فى مستوٍ أعلى قليلا من مستوى سطح الماء فى الماصين افصل الأنبوبة المتينة وأقفل أنابيب التوصيل لكل ماص بواسطة محبس ثم اختبر النحاس ولاحظ كيف تغير ثم صِل أحد الماصين بأنبوبة وصل (شكل ٣٢) ليتسنى جمع ما فيه من الغاز فى مخابير أو أنابيب اختبار كبيرة فوق المـاء ثم افتح المحبس واطرد غاز المـاص بصب ماء فى المخبار المدرج ؟



(شكل ٣٢) جمع الهواء غير الفعال فى مخبير

تدريب ٤٤ — خواص الهواء غير الفعّال .

(أ) صف لون هذا الغاز ورائحته وبيّن هل له تأثير فى ورق عباد الشمس المبلول ؟

تنبيـــه : من حيث ان الفسفور يلتهب بسهولة ينبغى تقطيعه تحت سطح المـاء ويجب ألا يلمس بالأصابع مطلقـا .

(ب) أدخل فى المخابير المملوءة بالغاز شمعة موقدة وعودا من الكبريت مشتعلا وأنظر هل يبقيان مشتعلين ؟

(ح) هل يستمر احتراق كل من الكبريت والفسفور اذا وضعا فى هذا الغاز ؟ استعمل لذلك ملعقة الاحراق وهى عبارة عن فنجان صغير من الحديد ذى يد طويلة (شكل ٣٣) .

(ى) أدخل فى مخبار مملوء بالهواء غير الفعال كيسا فيه برادة الحديد كما فى تدريب ٤٠ (ح) وأنظر بعد أيام هل حجم هذا الهواء قد قل ؟

(هـ) قارن بين خواص هذا الغاز وخواص الغاز المجهز فى تدريب ٤١ « أ » (صفحة ٥٩) .

(شكل ٣٣) ملعقة الإحراق

الجزء غير الفعال فى الهواء — وجدنا فى الباب السادس أنه اذا صدئ الحديد فى اناء مقفل يزول جزء من الهواء ويبقى جزء أكبر منه كثيرا لايصدأ فيه الحديد ولا تحترق فيه المواد القابلة للاحتراق ومعنى ذلك أن الهواء انقسم بهذه الطريقة الى غازين مختلفين فى الخواص كما نتج من تجربة لفوازييه فى تسخين القصدير فى اناء مقفل فينبغى أن نبرهن إذن أن جزء الهواء الذى بقى غير مستعمل فى صدأ الحديد هو من نوع جزء الهواء الباقى بعد اتحاد بعضه بالفلزات فلذلك نجهز ونختبر الغاز الذى يبقى بعد تسخين الفلزات وخير وسيلة لذلك أن يمر الهواء ببطء فى أنبوبة زجاجية فيها مخروط النحاس المسخن تسخينا عظيما (شكل ٣١) بشرط أن يكون هذا الهواء محبوسا فى ماصين بواسطة الماء الذى يتصل بماء مخبارين مدرجين بواسطة أنبوبتين حتى اذا رفع أحد هذين المخبارين جرى منه الماء فى الماص فيمر الهواء على النحاس الساخن واذا رفع المخبار الثانى حصل مثل ذلك وفى النهاية يعلو النحاس طبقة من مادة سوداء ويلاحظ أن الهواء فى الماصين نقص فى الحجم حتى يصل الى درجة لاينقص بعدها فعند ذلك توصل أنبوبة وصل باحدى الماصين (شكل ٣٢) ويصب فى المخبار المدرج ماء فيطرد الهواء ويجمع فى مخابير فوق الماء (شكل ٣٢) وها هى خواصه بعد الاختبار :

(١) هو غاز عديم اللون شفاف لا طعم له ولا رائحة .

(٢) قليل الذوبان جدا فى الماء .

(٣) إذا وضعت فيه مواد ملتهبة كشمعة رفيعة أو شريط من المغنسيوم تنطفئ .

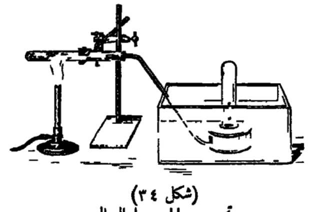
(٤) ولا تتغير فيه الفلزات كالنحاس والقصدير اذا سخنت .

(٥) ولا يصدأ فيه الحديد المبلول .

فمن هذا يُرى أن الغاز يشابه جزء الهواء الباقى بعد صدأ الحديد على أن كثافتهما واحدة فلا خطل اذا قرنا أنه فى صدأ الحديد واحتراق الفلزات فى الهواء يبقى غاز واحد بلا استعمال وقد سمى "بالأزوت (النتروجين)" .

(٢٠) جزء الهواء الفعال

تدريب ٤٥ — تجهيز جزء الهواء الفعال — ضع فى أنبوبة زجاجية متينة نحو ١٠ جرامات من الرصاص الأحمر الذى ينتج من إحماء الرصاص فى الهواء بضعة أيام ثم اقفلها بسداد محكم من الصمغ المرن تنفذ منه أنبوبة وصل (شكل ٣٤) وسخن الرصاص الأحمر أولا تسخينا هينا ثم شديدا واجمع الغاز المتكون فى أنابيب فوق الماء.



(شكل ٣٤)
تجهيز الهواء الفعال

تدريب ٤٦ — خواص جزء الهواء الفعال .

(ا) لاحظ مظهر هذا الغاز ورائحته وبيّن هل هو شديد القابلية للذوبان فى الماء؟ ثم أدخل فى إحدى الأنابيب عود كبريت ملتهب أو شمعة موقدة وفى الأخرى طرف عود كبريت متوهج وما هى الأدلة أن هذا الغاز هو جزء الهواء الفعال الذى يزول بعد احتراق المواد فيه ؟

(ب) ضع فى أنبوبة أخرى مملوءة بهذا الغاز كيسا محتويا على برادة الحديد الرطبة كما هو مبين بتدريب ٤٠ (حـ) واتركه بضعة أيام ثم انظر هل صدئ الحديد واستُعمل جميع الغاز ؟

(حـ) يلزم للتجارب الآتية مقدار كبير من هذا الغاز ويمكن تجهيزه بتسخين مخلوط ثانى أكسيد المنجنيز مع كلورات البوتاسيوم فى أنبوبة متينة من الزجاج وجمع الغاز فوق الماء كما هو مبين بتدريب (٤٥) .

(ى) ضع فى مخابير الغاز مواد ملتهبة كالخشب وفحم الخشب والكبريت والمغنيسيوم والفسفور (راجع التنبيه الوارد بصفحة ٦٥) ويمكن اجراء ذلك باستعمال ملقط أوملعقة احراق كما فى تدريب ٤٤ (ح) ولاحظ فى جميع الحالات مظهر النتاج ورائحته ورجه بالماء . هل صار الماء حامضيا أو قلويا ؟

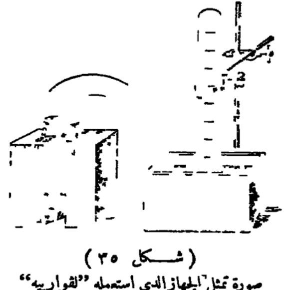
(هـ) تُلوى قطعة من سلك حديدى ويعلق فى طرفها جانب من قطن مندوف مبلل بالكحول ثم تمسك بملقط ويشعل القطن ويدخل الحديد فى مخبار فيه الغاز . صف النتاج وبيّن هل يذوب فى الماء ؟ وهل يصير هذا الماء حامضيا أو قلويا ؟

(و) هل لهذا الغاز نفسه فعل فى ورق عباد الشمس المبلول أو فى الماء الملوّن بمحلول صبغة عباد الشمس ؟

(ز) والآن اجمع فى جدول خواص هذا الغاز جميعها واكتب بجانب كل منها مايقابله من خواص الهواء والأزوت لأجل المقارنة .

جزء الهواء الفعال — اذا سخنت الفلزات فى الهواء حصلت مواد أخرى أثقل منها ولا مراء فى أنها اتحدت بجزء الهواء الزائل وللحصول على هذا الجزء الهوائى الفعال يجب اختبار المواد المتكوّنة من الفلزات كما فعل لفوازييه ولم ينجح فى بادئ الأمر ولكنه تمكن من تصوّر خواص هذا الغاز فقال اذا كانت المواد تحترق فى الهواء المعتاد ولا تحترق فى الجزء الهوائى غير الفعال لزم أن تشتعل اشتعالا شديدا فى الجزء الفعال وبينما هو على غير هدى فى بحثه سمع من صديقه "بريستلى" (Priestley) الانجليزى أن المادة المكوّنة من تسخين الزئبق فى الهواء تسخينا متواصلا تنتج عند تسخينها مرة أخرى زئبقا وغازا عديم اللون يساعد على الاحتراق بسهولة ويسمح للفيران أن تعيش فيه وقد حصل "بريستلى" أيضا على هذا الغاز العديم اللون من الرصاص الأحمر وهو المادة التى تحدث من إحماء الرصاص فى الهواء .

ولتحقيق عمل "بريستلى" سخن "لفوازييه" زئبقا بضعة أيام فى معوجة تنتهى رقبتها العوجاء فى أنبوبة تحتوى على مقدار



(شكل ٣٥)

صورة تمثل الجهاز الذى استعمله "لفوازييه"

(أمام صفحة ٦٨)



يوسف بريستلي (١٧٣٣ — ١٨٠٤)
Joseph Priestley

معلوم من الهواء (شكل ٣٥) الذى أخذ ينقص تدريجا بينما تكوّنت طبقة حمراء على سطح الزئبق ثم جمع لفوازييه هذه المـادة الحمراء بالدقة من فوق الزئبق وسخنها فحصل على كمية من غاز عديم اللون تساوى بالضبط حجم الهواء المفقود من الأنبوبة وقد وجد أن المواد تحترق فى هذا الغـاز مشتعلة اشتعالا شديدا وتتنفس فيه الحيوانات بسهولة وقد سمـاه بالأكسجين .

تجهيز الأكسچين — يمكن عمل تجربة پريستلى بوضع قليل من مسحوق الزئبق الأحمر فى أنبوبة عليها سداد وأنبوبة وصل (شكل ٣٤) موضوعة بحيث يمكن أن يجمع فوق المـاء أى غاز تكوّن و بتسخين المسحوق يحصـل غاز عديم اللون يمكن جمعه فى أنابيب اختبار وخواصــه هى خواص جزء الهــواء الفعال كما يظهر ذلك بالفحص يشتعل فيه عود كبريت ملتهب اشتعالا يفوق المعتاد لو وضعت فيه فلقة خشب متوهجة تنفجر لهبا وهكذا يمكن إجراء تجارب عديدة بعد إعداد مقدار وافر منه .

و يمكن الحصول على هذا الغاز بتسخين نتاج فلزات كثيرة أحمت فى الهواء كما رأينا فى تدريب (٤٥) فى الرصاص الأحمر الناتج من إحمـاء الرصاص فى الهواء وللحصول على مقدار عظيم من هذا الغاز يسخن مخلوط المـادتين كلورات البوتاسيوم والپيرولسيت (ثانى أكسيد المنجنيز) وهما أرخص كثيرا من المسحوق الأحمر الحـاصل من الزئبق ويستعمل لذلك جهاز يتركب من أنبوبة زجاجية متينة بهـا أنبوبة وصـل لجمع الغـاز فوق المـاء ويهمل الغاز المجموع فى المخابير الأولى لأن معظمه من الهواء الذى كان فى الأنبوبة الزجاجية ثم تملأ عدّة أوانٍ واسعة ومخابير .

ولمعرفة أن هـذا الغاز هو جزء الهواء الذى يتحد بالحديد أثناء صدئه يؤخذ كيس فيه برادة الحديد وينذى ويترك فى مخبار مملوء بهذا الغاز فاذا كانت آراؤنا صحيحة يجب أن يصدأ الحديد حتى ينفد الغاز عن آخره (لا خمسه فقط) وهذا هو الواقع كما تدل التجارب إذ لا يفتأ الغاز آخذا فى الزوال حتى لا يبقى منه شئ أو حتى يعلو الماء فيغطى برادة الحديد .

تجهيز الهواء الصناعى — قد حصلنا الآن على الغازين المركب منهما الهواء منفصلين فلنجتهد الآن فى تكوين الهواء نفسه بوضعهما معا على نسبة صحيحة فإذا نجحنا كان برهاننا قاطعا أى أن الهواء يتركب من هذين الغازين بلا شك ولذلك توضع برادة الحديد فى مخبار فيه هواء حتى تصدأ وعند ما يقف استعمال الهواء فى الصدأ تؤخذ البرادة

ويضاف الى الهواء الباقى غاز نتج من تسخين كلورات البوتاسيوم مع البيرولسيت حتى يعود الحجم الى ما كان عليه قبلا ويلاحظ أن فعل هذا المخلوط الجديد كفعل الهواء المعتاد إذ تحترق فيه المواد القابلة للاحتراق ويصدأ فيه الحديد كما هو الحال فى الهواء بلا فرق فالهواء مزيج من الأكسجين والأزوت .

احتراق المواد فى الأكسچين — ولنشرح الآن كيفية تأثر بعض المواد الأخرى عند احتراقها فى الأكسچين فلذلك توضع المادة المراد اختبارها فى ملعقة إحراق أو تمسك بملقط .

فلو أدخلت قطعة كبريت فى زجاجة أكسچين فانها لاتتغير ولكن اذا سخنت حتى التهبت وأدخلت فى الغاز اشتعلت بلهب أزرق ناضر وامتلأ الاناء غازا خانقا لو رُج فى الماء وأضيف اليه قطرات من محلول عباد الشمس لتحوّل لون المحلول الأرجوانى أحمر فتعين أن يكون الغاز نفسه أو محلوله حامضيا .

وإذا سخن فحم الخشب فى الهواء فلا تكاد تراه متوهجا ولكنه اذا سخن وأدخل فى الأكسچين فانه يتوهج بشدّة ولا يظهر له نتاج محسوس فى الزجاجة فاذا وضع فيها ماء ورجت حصل محلول حامضى أيضا ولا مراء أن هذا النتاج غاز عديم اللون يحترق فيه الفسفور بلهب براق ويذوب مسحوقه الأبيض فى الماء بسهولة فينتج محلول حامضى شديد .

وأما الحديد فيمكن أن يحترق فى هذا الغاز بالطريقة الآتية وهى أن تلوى قطع من سلك منه حتى تصير كحزمة يعلق بطرفها شئ قابل للالتهاب كالكبريت ثم يوقد ويغمر السلك فى أناء الغاز فيشتعل الحديد ويحترق احتراقا شديدا فيرمى بشرر فى كل جانب وينتج مادة سوداء لو رجت فى الماء لا يظهر لها أثر فى عباد الشمس .

ويمكن أيضا امساك المغنسيوم بملقط واشعاله فى الهواء وادخاله فى الأكسچين فيحترق بلهب متوهج يكاد يخطف الأبصار وينشأ منه مسحوق أبيض كالناتج من إحراقه فى الهواء محلوله فى الماء يحوّل عباد الشمس الأحمر الى الزرقة تحويلا بطيئا .

وفى هذا المقام نذكر سبب تسمية هذا الغاز بالأكسچين ذلك أن المواد التى أحرقها لڤوازييه فيه كانت كفحم الخشب والفسفور والكبريت والنتاج فى كل منها متى أذيب فى الماء يصير عباد الشمس الأزرق أحمر فاعتقد "لڤوازييه" أن هذا الغاز فى جميع الحوامض فسماه أكسچين وهى كلمة معناها باللاتينية "مكوّن الحوامض" .

خواص الأكسجين — نذكر الآن بعض خواص الأكسجين فالطبيعية منها لا تختلف عن خواص الأزوت كثيرا فهو فى درجات الحرارة المعتـادة غاز عديم اللون لا رائحة له ولا طعم وقد رأينا أنه يمكن جمعه فوق المـاء فهو بذلك لا يمكن أن يكون عظيم القابلية للذوبان فيه على أنه أعظم قابلية للذوبان من الأزوت ويلاحظ أن الغاز الحاصل من إغلاء ماء الحنفية فيه من الأكسجين أكثر ممـا فى الجو .

أما من حيث خواصه الكيميائية فهو يختلف عن الأزوت اختلافا عظيما لأنه من أقوى المواد الفعالة المعروفة ومعـنى أنه فعال أنه يتحـد بمواد أخرى كثيرة وتُنتج أثناء الاتحاد كثيرا من الحرارة والضوء .

العناصر والمركبات — سـبق أن بيّنا الفرق بين النقى والمخلوط من المواد والآن نميز نوعين من أنواع المواد النقية كلا من الآخر ، فالجسم الأحمر الصلب الحادث من تسخين الزئبق فى الهواء هو مادة نقيـة ولكنه اذا سخن الى درجة حرارة أعلى يتجزأ الى زئبق وأكسجين فهو جسم مركب لا بسيط واذا سخن الزئبق نفسه أو أغلى أو أجرى عليه غير ذلك من الأعمـال فانه لا يتجزأ الى مادتين أخريين ولا نعرف أن هناك طرقا يمكن بها تحويل الزئبق الى مادة جديدة إلا باتحاده بمواد أخرى ولكن هـذا من قبيل الاضافة فالمادة الناتجة أثقل وزنا من الزئبق فهو أبسط من أى مادة تتكوّن منه وهناك مواد أخرى تشابهـه فى ذلك فجميعها على ما نعلم لا يمكن أن تتجزأ الى ما هو أبسـط كما تتجزأ المـادة المكوّنة من اتحاد الزئبق والأوكسجين بالتسخين بل تتغير وتتكوّن منها مواد جديدة باتحـادها بأشـياء أخرى ولا غير ذلك ، فالمغنسيوم مثلا اذا احترق يتحد بالأكسجين فيكوّن مسحوقا أبيض ناعما يختلف عن المغنسيوم نفسه فى كونه يحتوى على أكسجين وتسمى المـادة التى كالزئبق والمغنسيوم أى التى لا تتجزأ الى مواد أبسط منها عنصرا ، فالأكسجين والأزوت والكبريت والرصاص عناصر وكل مادة تكوّنت من اتحاد عنصرين أو أكثر تسمى "جسما مركبا" .

وتسمى مركبات الأكسجين مع غيره من العناصر "بالأكاسيد" كما تسمى مركبات الأزوت مع غيره من العناصر "بالأزتيدات" والمواد النقية إما بسـيطة وإما مركبـة ولكن ينبغى أن تميز المركبات من المخلوطات فكل حبة من أكسيد الزئبق الأحمـر لا تختلف عن غيرها فى الخواص ولا يمكن النظر الىها وتمييز عنصريها الأكسجين والزئبق

كل على حدته بخلاف المخلوط فانه يتكوّن من مادتين نقيتين ممزوجتين أوأكثر من مادتين لكل وجود مستقل فلو سحق الدقيق والسكر معا وخلطا خلطا تاما لتعذر تمييز إحدى المادتين بمجرد النظر ولكنه يسهل تمييزهما بواسطة الميكرسكوب فترى حبات كل منهما متميزة عن الأخرى وكثيرا ما يغش الشاى بمزجه بالطفل أو الرمل بل وببرادة الحديد بحذق عظيم حتى يتعذر كشف الغش ولكن إذا أضيف الماء اليه رسبت هذه المواد وظهرت جليا بالمكرسكوب إن لم يكن بالعين وحدها ومن هذه الأمثلة يظهر الفرق بين المركبات والمخلوطات ، ففى الجسم المركب تتحد العناصر حتى يستحيل رؤيتها ولو بأى الميكرسكوبات ولا تُعزل إلا بتغيير كيميائى ، فخواص الجسم المركب الطبيعية هى خواص المادة النقية أى المفردة .

(٢١) التلاشى الظاهرى للمواد أثناء الاحتراق

"تحـذير : اقرأ تنبيه (صفحة ٦٥) قبل لمس الفسفور واعمل التجربة داخل خزانة الأبخرة" .

تدريب ٤٧ — المواد التى تقل فى الوزن عند احتراقها .

(ا) احرق فى غطاء بودقة قطعة من الفسفور بعد تجفيفها بورق التنشيف ووزنها مع الغطاء .

أوجد وزن الفسفور بعد الاحتراق وحاول تفسير ما ترى .

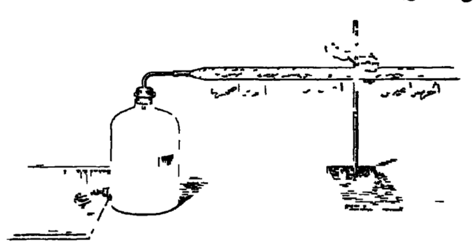
(ب) أوقد شمعة بعد وزنها وبيّن هل يزيد وزنها أو ينقص ؟ ثم أمسك قمعا كبيرا من الزجاج فوق لهب شمعة واذكر دليلك على تكوين نتاج يتسرب فى الهواء أثناء الاحتراق .

(حـ) امسك قمعا من الزجاج فوق لهب مصباح بنزن . هل ترى مادة تكوّنت هناك ؟

سبب نقص وزن بعض المواد اثناء احتراقها — يمكن القول بدون مخالفة للمعقول أن فعل أكثر المواد التى تحترق فى الهواء ليس كفعل النحاس أو فلزات أخرى ، فالشمعة الموقدة تذهب عن آخرها ولا يبقى منها غير قطعة صغيرة من الذبالة والخشب المحترق لا يترك من الأثر إلا ما نراه من الرماد الذى يقل كثيرا عن المادة الأصلية وزنا والمادة التى تبقى بعد احتراق الفسفور فى الهواء لا يكاد يكون لها وزن وليس بعسير مع ذلك فهم سبب اختلاف هذه المواد عن الفلزات فان مجرد التفكير كاف أن يدلنا على أن الفسفور عند إحراقه فى مخبار أو تحت ناقوس يرى أن الأكسيد الحادث عبارة

عن بخـار كثيف أبيض يسـتقر فاذا برد على شكل مسحوق أبيض ناعم فهـذا البخار نفسه يضيع عند إحراقه فى الهواء الخالص ولكنه إذا جمع يكون وزنه أثقل بكثير من وزنه قبل الاحتراق .

تؤخذ أنبوبة زجاج متينة وتحشى بالحرير الصخرى على طول ثمـانية سـنتيمترات ثم توضع قطعة من الفسفور وتسدّ الأنبوبة بعدها بالحرير الصخرى أيضا وبعـد وزن الجميع يوصل طرف الأنبوبة الرفيع بمـاص يقطر منـه المـاء ببطء لينجذب الهواء الى الأنبوبة (شكل ٣٦) وهنـا تسخن الأنبوبة حتى يلتهب الفسفور فيصعد بخاره ويبرد بتيار الهواء المجذوب جذبا بطيئا الى داخل الأنبوبة ويسـتقر فى ثنايا الحرير الصخرى فاذا انتهت التجربة بعـد أن تبرد الأنبوبة يرى أن الوزن قد زاد فنتاج إحراق الفسفور أثقل من الفسفور نفسه .



(شكل ٣٦) جمع النتاج الحادث من احراق الفسفور

والخشب وفحم الخشب والكبريت تكوّن أنتجة غازية عنـد إحراقها فى الأكسجين (صفحة ٦٨) تذهب هباء فى الهواء مالم تجمع وحينئذ يمكن بيان أنهـا أثقل من المواد الأصلية وكذا الحـال فى الشمع الذى يذهب عن آخره إذا أوقد فيتكوّن نتاج يذهب فى الهواء كما يستدل على ذلك اذا عرّض سطح زجاجة باردة للهب حيث يترا كم قطر من سائل عديم اللون ويحصـل مثل ذلك أيضا إذا عرض هـذا السطح نفسه للهب مصباح بنزن وهذا السائل هو أحد أنتجة احتراق غاز الاستصباح وسنفحص كثيرا من الأنتجة الغازية فيما بعد .

تجهيز الأكاسيد — جهزنا عدة أكاسيد باحراق مواد فى الأكسجين وبهذه الطريقة يمكن تحضـير أكاسيد الكبريت والفسفور والكربون (وهو الاسم الكيميائى

للمادة التى يتركب منها فحم الخشب) والحديد والقصدير والمغنسيوم على أن معظم هذه المواد (ماعدا القصدير والحديد) تحترق أيضا فى الهواء وبذا تكوّن الأكاسيد وأما الخارصين فانه يحترق فى الهواء أو الأكسجين إذا سخن بلهب البورى مكوّنا أكسيد الخارصين وهو مسحوق أبيض ناعم وفى بعض الفلزات تجهز الأكاسيد تجهيزا أتم بإحمائها فى الهواء أو الأكسجين إحماء بطيئا وبهذه الطريقة يجهز أكسيد النحاس الأسود وأكسيد الزئبق الأحمر ويلاحظ أن القصدير إذا أحمى فى الهواء يتكوّن منه أكسيد أسود ولكنه إذا سخن بلهب البورى يلتهب ويكوّن أكسيدا أبيض ويمكن تكوين أكسيدين من الرصاص على حسب درجة حرارة تسخينه فبإحمائه طويلا فى درجة حرارة منخفضة بعض الشئ يتحوّل الى الأكسيد المسمى "منيوم" أو الرصاص الأحمر وإذا رفعت درجة الحرارة نتج الأكسيد الأصفر المسمى "المرتك الذهبى (لثارج)" وإنا لنجد بتسخين مقدار معلوم الوزن من الرصاص الأحمر فى أنبوبة اختبار أنه يفقد بعض وزنه مع افراز شئ من الأكسجين (تدريب ٤٥). ويبقى اللثارج فى الأنبوبة فكمية الأكسجين فى اللثارج أقل منها فى الرصاص الأحمر واذا فصل الأكسجين عن اللثارج بأى طريقة فالباقى هو فلز الرصاص .

ويجب هنا ملاحظة أن أكاسيد الفلزات هى مسحوقات بيضاء أو ملوّنة مع أن أكاسيد غير الفلزات هى فى الغالب غازية أو سهلة التحويل الى غاز كما فى الفسفور وأكاسيد غير الفلزات تكوّن محصولات حامضية عند إذابتها فى الماء وهذا نادر الحصول فى أكاسيد الفلزات وانما يتكوّن من أكاسيد بعض الفلزات (كالمغنسيوم) محلولات قلوية فى الماء وعند تسخين كثير من الأكاسيد تجزأ الى جزأيها الاكسجين والمادة الأخرى الداخلة فى تكوينها فعند تسخين أكسيد الزئبق الأحمر ينتج أكسجين وزئبق وإذا تجزأ جسم مركب الى عناصره المكوّن منها يقال إنه تحلل وتسمى هذه العملية "بالتحليل" ولو كان أحد الجزأين جسما مركبا فى ذاته كما فى تجزئة الرصاص الأحمر الى أكسجين ولثارج .

أسئلة على الباب السابع

(١) كيف تبين أن الأكسجين قابل للذوبان فى الماء ؟

(٢) اشرح طريقتين لتعيين حجم الأكسجين الذى فى حجم معيّن من الهواء .

(٣) كيف تُعِدُّ تجربة تبين بها أن المادة المكوّنة من احتراق الفسفور أثقل من الفسفور نفسه فى الوزن ؟

(٤) اشرح تجربة لتحويل عنصر بسيط الى جسم مركب .

(٥) إذا ثبت قولهم ان المواد يزيد وزنها عند إحراقها فبماذا تعلل تلاشى شمعة موقدة ؟

(٦) كيف تحصل على عنصرى الهواء منفصلين؟ وكيف تكوّن منهما غازا يشابه الهواء تمام المشابهة ؟

(٧) كيف تجهز مقدارا عظيما من الأكسجين بسهولة ؟ اشرح خواصه الشهيرة وقارنها بخواص الهواء .

(٨) كيف تحصل على كل من العنصرين المكوّنين لأحد الأكاسيد ؟

(٩) كيف تحصل على الأزوت من الهواء؟ وماهى التجارب التى تجريها لتبين بها خواصه ؟

(١٠) قارن مقارنة دقيقة بين ظاهرة الصدأ وظاهرة الاحتراق وبين أكبر فرق بين صدأ الحديد واحتراقه .

(١١) كيف تجهز أكسيدين صلبين وأكسيدين غازيين ؟ وبيّن مايحدث فى كل حالة عند وضع الأكسيد فى الماء .

(١٢) إذا وزن دورق محكم السدّ فيه قطعة من الفسفور وسخن حتى احترقت فماذا تتوقع من التغير إذا وزن الدورق قبل رفع السداد وبعده؟ وما النتائج التى تستنبطها من هذا ؟

(١٣) إذا أحرق الفسفور فى دورق محكم السدّ فيه ٢٠٠ سم^3 من الهواء تماما وفتح الصمام تحت الماء فما حجم الماء الذى يدخل ؟

(١٤) ما القسمان اللذان تنقسم اليهما الأكاسيد من حيث خواص المواد المتكوّنة منها بعد إذابتها فى الماء ؟

(١٥) اشرح معنى كلمة "أكسجين" . هل يتطبق معناها تمام الانطباق على الغاز المسمى بها ؟

(١٦) إذا وزنت بودقة فيها خراطة النحاس وسخنت مدة فى فرن ذى غطاء فما التغير الذى تتوقعه (١) فى الوزن (٢) فى مظهر النحاس ؟ بيّن السبب .

(١٧) وضح الفرق بين العنصر والجسم المركب ومثل بأمثلة حقيقية وبيّن هل الجسم المركب مادة نقية أو مخلوط ؟

(١٨) بيّن الفرق بين التغير الطبيعى والتغير الكيميائى . مثّل بمثالين لكل .

(١٩) إذا أعطيت زجاجات وقيل لك ان ما فيها إما هواء وإما أكسجين وإما أزوت فبيّن ماتعمله لكشف نوعه ؟

(٢٠) اذكر أهم الفروق بين الامتزاج والاتحاد الكيميائى واقترح تجارب تظهر بها هذه الفروق .

(٢١) إذا أحرقت قطعة فسفور فى ناقوس من الزجاج به هواء فوق سطح الماء فما التغير الذى تلاحظه ؟ وكيف تفسره ؟

(٢٢) إذا كان وزن المسحوق الأبيض المتكوّن من إحراق قطعة موزونة من شريط المغنسيوم أعظم من وزن الشريط الأصلى فكيف تعلل ذلك ؟

(٢٣) عند تسخين بعض الفلزات فى الهواء تحصل مواد رمادية فكيف تبين (١) أن التغير ليس تغيرا طبيعيا كتحوّل الجليد الى ماء (٢) ان وجود الهواء شرط ضرورى لهذا التغير ؟

(٢٤) كيف تبرهن بتجارب بسيطة على أن الغاز الحاصل من تسخين كلورات البوتاسيوم هو من عناصر الجوّ المهمة ؟

(٢٥) كيف تبرهن على أنه اذا صدئ الحديد يمتص عنصر من الجوّ هو نفس العنصر الذى يمتص اذا احترق الفسفور ؟

(٢٦) اشرح تجربتين بهما يظهر أن خمس الهواء تقريبا غاز أشدّ فعلا من الوجهة الكيميائية من الغاز الباقى .

تمارين عملية

(١) سخن أكسيد الزئبق الأحمر واجمع الغاز المتكوّن ثم اختبر خواصه .

(٢) عيّن النسبة المئوية للأكسجين الذى فى الغاز الحاصل من تسخين ماء الحنفية .

(٣) سخن قليلا من الخارصين فى الهواء ولاحظ هل زاد وزنه وفسر ما يحدث من التغير ؟

(٤) وضح مايحدث من التغير فى وزن اكسيد الزئبق الأحمر اذا سخن حتى تغير عن آخره . كيف تعلل هذا التغير ؟

الباب الثامن – الأيدروچين والماء

(٢٢) محلول الفلزات فى الحوامض

تدريب ٤٨ – الخارصين وحامض الكلوردريك .

(ا) ضع قطعا من الخارصين المحبب فى أنبوبة اختبار واسكب فيها حامض الكلوردريك المخفف على نحو سنتيمترين من عمقها وبيّن مايحدث للخارصين ثم عيّن المادة الناتجة وقرّب من فوهة الأنبوبة عودا موقدا من الكبريت ولاحظ ما يحصل .

(ب) وإذا ذهب الخارصين عن آخره فأضف قطعا أخرى منه واحدة بعد الأخرى حتى يبقى بعضه غير ذائب وبعد تقطير السائل على زجاجة ساعة أو جفنة يبخر حتى يجف . صف المادة الباقية . هل ترى فيها شيأ من الخارصين؟ وهل ذوبان الخارصين من أمثلة الذوبان العادية ؟ وهل التغير كيميائى أو طبيعى ؟

تدريب ٤٩ – الحديد وحامض الكلوردريك .

(ا) أعد تدريب ٤٨ (ا) و(ب) مستعملا برادة الحديد بدلا من الخارصين ولاحظ مايتكوّن أثناء ذوبان الحديد وأدخل فى أنبوبة الاختبار عود كبريت موقد .

(ب) بعد تقطير المحلول يبخر حتى يبقى منه ثلثه وبعد بضعة أيام انظر هل تكوّن شئ من البلورات ؟ صفها ثم بيّن هل ذوبان الحديد فى حامض الكلوردريك يعتبر تغيرا كيميائيا أو طبيعيا ؟

تدريب ٥٠ – حامض الكبريتيك والفلزات – اعمل تجارب تشابه ماذكرنا واستنبط منها تفاعل الحديد والخارصين مع حامض الكبريتيك المخفف ويجب فى كل حالة الاستمرار فى إضافة الفلز حتى لا يمكن إذابة شئ منه وحينئذ يرشح السائل ويترك وشأنه حتى تتكوّن بلورات ثم يقرر هل التفاعل الحادث كيميائى أو طبيعى ؟

تدريب ٥١ – حامض الأزوتيك والفلزات – اعمل هنا تجارب تشابه التجارب السابقة لاظهار تأثير الحديد والخارصين فى حامض الأزوتيك المخفف وبيّن هل الفلزات تذوب فيه ؟ ولاحظ خواص الغاز المتكوّن واذكر هل يمكن الحصول على أنتجة صلبة ؟

ذوبان الفلزات فى الحوامض — ليست الفلزات فى بابها سهلة الذوبان ولذلك صنعت منها الأحواض لخزن السوائل المختلفة غير أنها سهلة الذوبان فى الحوامض ولكن هذا الذوبان ليس كالذى ذكرناه آنفا كما يرى من القرائن العديدة فالخارصين مثلا عند وضعه فى حامض الكلوردريك المخفف تراه يتآكل الى نهايته تدريجيا وتظهر له فقاقيع من غاز عديم اللون واذا قرب لهب من فوهة أنبوبة الاختبار التى يذوب فيها الخارصين تسمع فرقعة يسيرة وربما يحترق الغاز الذى يملأ الأنبوبة احتراقا هادئا بلهب لا يكاد يرى وحالما يذيب الحامض ما يذيب من الخارصين يمكن رشح السائل وبخره فيبقى جسم صلب أبيض يختلف اختلافا تاما عن الخارصين اللامع الذى ذاب. ولقد رأينا أن الحامض النقى عند بخره لم يترك بقية صلبة (صفحة ٤٨) ولكن يذهب الفلز أثناء الذوبان وتتكوّن مادتان جديدتان إحداهما غاز عديم اللون والأخرى جسم صلب أبيض فلا شك أن الذوبان هنا ليس تغيرا طبيعيا وإنما هو تغير كيميائى فهذا الذوبان يختلف كل الاختلاف عن ذوبان أجسام صلبة كملح الطعام كما سبق فى الباب الأول .

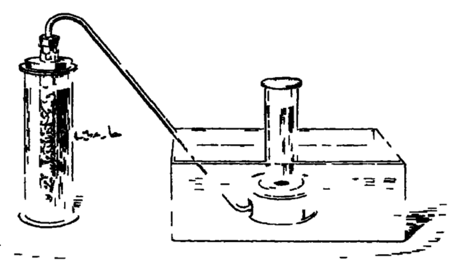
وينتج مثل ذلك عند إذابة فلزات كالخارصين أو الحديد فى الحوامض الأخرى فمثلا عند إذابة الخارصين فى حامض الكبريتيك يتكوّن غاز عديم اللون قابل للالتهاب واذا ترك المحلول تنجت بلورات شفافة عديمة اللون ومن الحديد وحامض الكبريتيك يخرج غاز يشبه الغاز السابق وتبقى بلورات جميلة خضراء شفافة ومن الحديد وحامض الكلوردريك يحصل غاز عديم اللون قابل للالتهاب وبلورات خضراء لا يسهل الحصول عليها من المحلول كما سبق .

وإذا استعمل حامض الأزوتيك تختلف النتائج بعض الاختلاف فتذوب الفلزات بأسهل مما ذابت فى الحوامض الأخرى ولكن للغاز الحاصل خواص أخرى فهو لا يلتهب ويكاد يكون عديم اللون أو أسمر تام السمرة وعلى العموم يقال انه اذا ذاب فلز فى حامض ينتج من السائل أجسام صلبة تختلف اختلافا كليا عن الفلزات نفسها .

(٢٣) الغاز الناتج من الخارصين وحامض الكبريتيك

تدريب ٥٢ — تجهيز غاز من الخارصين وحامض الكبريتيك — خذ أنبوبة قطرها نحو ٢ سـ م دقيق أحد طرفيها بحيث تكون سعته نصف سعة الأنبوبة تقريبا وركب على الطرف الواسع قطعة فلين متينة قد دخلت فيها أنبوبة وصل ثم املأ

الأنبوبة الواسعة بالخارصين المحبب وضع شيأ من قطع الزجاج أو الصينى المكسر فى الطرف الضيق لمنع نزول الخارصين ثم خذ مخبارا مملوءا الى منتصفه بحامض الكبريتيك المخفف وضع الأنبوبة الواسعة كما هو مبين (بشكل ٣٧) حتى يتسنى جمع الغاز المتكوّن من فوق الماء ثم املأ أنابيب اختبار من هذا الغاز وبعد اقفالها بالأبهام ورفعها من الماء قرّب فوهتها واحدة بعد الأخرى الى اللهب فمتى بدأ الغاز يحترق احتراقا هادئا املأ قنينات أو مخابير منه .



(شكل ٣٧) تحضير غاز من الخارصين وحامض الكبريتيك

تدريب ٥٣ — خواص الغاز المتكوّن من الخارصين وحامض الكبريتيك .

(أ) صف مظهر هذا الغاز . هل هو قابل للذوبان فى الماء ؟ اترك أنبوبة اختبار مملوءة به مفتوحة الفوهة الى فوق مدة خمس ثوان وقرّب لهبا منها . هل لايزال فى الأنبوبة غاز ؟ كرر العملية والفوهة الى تحت . هل النتيجة واحدة ؟

(ب) استعمل ورق عباد الشمس المبلل لاختبار حامضية هذا الغاز أو قلويته .

(ح) أدخل فى آنية مملوءة بالغاز وفوهتها الى أسفل شمعة صغيرة موقدة ورجها فيها تماما ولاحظ ما يحدث ملاحظة دقيقة وبيّن هل هذا الغاز يساعد على الاحتراق .

تدريب ٥٤ — احتراق الأيدروجين .

(أ) عدّل جهاز تدريب (٥٢) بحيث يتيسر إحراق الأيدروجين خارجا من فوّارة (نافورة) وذلك بأن تركب على الأنبوبة الواسعة التى فيها الخارصين أنبوبة ملوية مرّتين على شكل زاوية قائمة وتوصلها بطرف أنبوبة ذات شعبتين مملوءة بكلورور

الكلسيوم (شكل ٤١) ثم تركب على الطرف الثانى أنبوبة زجاجية طولها ١٠ سـ م بعد مطها لتكوّن فوار .

(ب) أعد الأنبوبة التى فيها الخارصين الى مكانها فى الحامض وضع أنبوبة اختبار فوق الفوّارة التى يجب أن تدخل فيها الى أبعد مايمكن وبعد بضع دقائق ارفع أنبوبة الاختبار تدريجا واقفلها بالابهام ثم قربها من لهب مصباح غاز على بعد متر أو مترين من الفوّارة وربما فرقع الغاز فى البدء وسمع لاحتراقه صرير ولكنه بعد تجربتين أو ثلاث يحترق بانتظام فى الأنبوبة وحالما يتيسر نقل لهب الغاز المحترق الى الفوّارة فافعل واجعل ذلك واسطة فى اشعال الغاز الخارج منها .

وإذا تذكرت هذا دائما فلا خطر ولكن اذا تساهلت فى الاحتياط فربما تعرّضت لخطر انفجار جسيم .

(حـ) انظر مظهر لهب هـذا الغاز وضع فوقه آنية من زجاجة جافة ولاحظ مايتكوّن فى الآنية ملاحظة دقيقة .

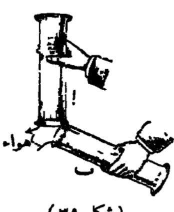
(ى) للحصول على مقدار من النتاج الحاصل من اللهب خذ معوجة وأعدها كما ترى فى (شكل ٤١) بحيث يمر فيها تيار مستمر من الماء يجعلها باردة وبعد تنظيف سطح المعوجة ثبتها ايشتعل تحتها الغاز وضع تحتها كوبا يجتمع فيه ما يتكوّن من السائل .

(هـ) أوجد درجتى حرارة الغليان والاجلاد لهذا السائل فان لم تصل الى حقيقته فعيّن كثافته ثم قل ما هو ؟

تجهيز الأيدروچين — عند ما تذوب الفلزات فى الحوامض يخرج فى معظم الاحوال غاز عديم اللون وأول من عرفه "كفندش" (Cavendish) سنة ١٧٦٦ وسماه "بالهواء القابل للالتهاب" وبعد ذلك سماه لڤوازييه "بالأيدروجين" ويجهز بسهولة أىّ مقدار منه بالجهاز الذى فى (شكل ٣٧) فتمط أنبوبة زجاج واسعة عند أحد طرفيها حتى يصير قطره نصف قطر الأنبوبة ثم تشحن بالخارصين الذى لا ينزل منها الضيق طرفها المطوط ويوصل الطرف الواسع بأنبوبة وصـل وتثبت الأنبوبة المملوءة بالخارصين فى مكانها بقطعة فلين كبيرة فى فوهة مخبار يحتوى على حامض الكبريتيك المخفف فيرتفع الحامض فى الجزء الواسع من الأنبوبة ويعمل فى الخارصين ويخرج الأيدروچين الناتج فيمر بأنبوبة الوصل ويجمع فوق المـاء فإذا أخذنا من الغاز ما يكفى نُخرج الخارصين من الحامض .

خواص الأيدروچين — اذا قربت أنابيب الغاز الذى جمع أوّلا من اللهب فانه يفرقع بصوت له صرير ولكن مايجمع بعد ذلك يحترق احتراقا هادئا فى الأنبوبة بلهب أزرق لا يكاد يرى ولو رفعت من الماء أنبوبة مملوءة الى منتصفها بالأيدروچين فدخلها الهواء ثم قربت من اللهب لحصلت فرقعة تدل دلالة واضحة على أن الأيدروچين والهواء يكوّنان مخلوطا مفرقعا وهذا سبب فرقعة الغاز المتجمع قبل خروج جميع هواء الجهاز ولو أدخلت شمعة موقدة فى مخبار منكس مملوء بهذا الغاز اشتعل ولكنها تنطفئ (شكل ٣٨) ويحصل مثل ذلك عند تقريب أى مادة محترقة من الغاز واذا وضع مخبار مملوء بالأيدروچين بحيث تكون فوهته الى أعلى بضع ثوان يُرى أنه يحتوى على هواء فقط ولكن اذا جعلت فوهة المخبار الى أسفل مدة كالأولى فان الأيدروچين يبقى فى الأنبوبة كما يرى ذلك بتقريب لهب من الفوهة أضف الى ذلك أن الأيدروچين يفرغ من أسفل الى أعلى (شكل ٣٩) وبذا يظهر أن كثافته أقل كثيرا من كثافة الهواء ولبيان ذلك يجهز دورق كما هومبين فى صفحة (٣٤) (شكل ٢٢) ويملأ بالغاز وبعد معرفة الوزن والحجم يرى أن وزن واحد منه ٠٫٠٩ من الجرام تقريبا فكثافته نحو $\frac{١}{١٤}$ من كثافة الهواء تقريبا ولما كان الأيدروچين قليل الذوبان فى الماء جدّا فإنه يجمع عادة من فوق الماء ولو أريد الحصول عليه جافا يستعمل الزئبق بدل الماء ومن حيث أنه قليل الكثافة أمكن جمعه الى أعلى بحلوله محل الهواء أى ان الغاز يدخل فى المخبار المنكس فيحل محل الهواء الذى يذهب الى أسفل .

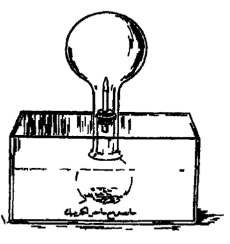
(شكل ٣٨)
الأيدروچين لايساعد على الاحتراق



(شكل ٣٩)
كب الأيدروچين الى فوق

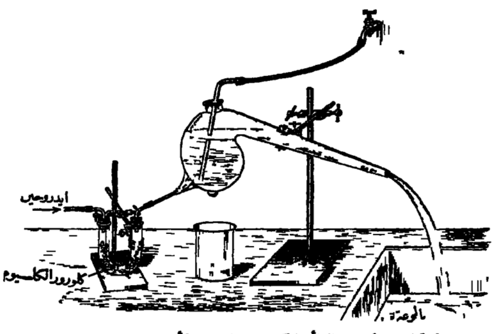
احتراق الأيدروچين فى الهواء — باستعمال الجهاز المبين (بشكل ٤١) يمكن إحراق الأيدروچين خارجا من فوّارة ويكون لهبه أصفر وذلك ناشئ من تسخين زجاج الفوّارة واحتراقه بعض الشيء لأن الغاز فى حالة النقاوة لا يكاد يرى ولقد نشاهد أنه

عند وضع سطح بارد فوق اللهب يتجمع عليه ضباب مكوّن من قطرات صغيرة من سائل ومن حيث أن الأيدروجين عند احتراقه فى الهواء لا يتكوّن منه نتاج ظاهر يمكن مما عرفناه فى الباب السابع أن تكون هذه المادة المكوّنة غازا أو بخارا يتكاثف اذا جعل سطح بارد فوق اللهب ولدراسة احتراق الأيدروجين ندخل فوّارة من الغاز الموقد فى دورق منكس يغطى الماء فوهته واذا جفف جوف الدورق قبل البدء فى العمل يتكاثف فى ضباب و يرتفع الماء دلالة على أن بعض الهواء استعمل فى الاحتراق (شكل ٤٠) وأن المستعمل يظهر أنه الأكسجين لأن الماء انما ارتفع الى ما يقل عن ربع ارتفاع الدورق .



(شكل ٤٠) أيدروجين محترق فى الهواء

تحصيل نتاج الأيدروجين عند احتراقه — لتكثيف السائل الذى تكوّن عند احتراق الأيدروجين يوضع سطح بارد فوق اللهب ويبقى باردا باتباع طريقة كالتى بيناها (بشكل ٤١) إذ يمر تيار من الماء البارد فى المعوجة ويخرج من فوهتها فيكون



(شكل ٤١) جمع النتائج المتكونة عند احتراق الأيدروجين فى الهواء

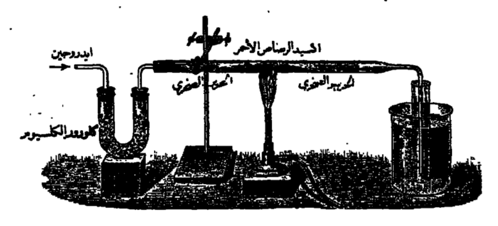
سطحها الخارجى دائما باردا يفعل فيه لهب الأيدروجين فعله فيتساقط فى الحال فى وعاء تحت المعوجة قطر من سائل عديم اللون شفاف يمكن معرفة تركيبه بتعيين بعض خواصه الطبيعية فدرجة حرارة غليانه تساوى ١٠٠° مئوية تقريبا وعند تبريده بمخلوط مبرد يجمد فى شكل بلورات رائقة عديمة اللون تنصهر فى درجة الصفر المئوى ولتحقيق نوع هذا السائل اذا بقى هناك شك توجد كثافته أيضا فيرى أنها = ١,٠ فلا مراء فى أنه الماء وهذا ما بينه كفندش سنة ١٧٨١ فقد قرر أنه عند احتراق الأيدروجين فى الهواء يتكون ماء فالماء من مركبات الأيدروجين ولهذا سمى الغاز "بالأيدروجين" وهى كلمة مأخوذة من كلمتين معناهما فى اللغة اليونانية مُنتج الماء .

(٢٤) تركيب الماء

تركيب الماء — رأينا أنه عند احتراق الأيدروجين فى الهواء يتكون ماء فهل هذا الأيدروجين المحترق يتحد بأكسجين الهواء كما تتحد به المواد الأخرى القابلة للاحتراق ؟ نعم ويؤيد ذلك ما ذكرناه آنفا من استعمال خمس الهواء الذى بالدورق حينما يحترق فيه الأيدروجين وما يلاحظ من أن لهب الأيدروجين يحترق فى الأكسجين النقى بسهولة عظيمة وينطفئ عند وضعه فى الأزوت فيظهر أن الماء مركب من أيدروجين وأكسجين وهذا ما يمكن البرهنة عليه بتكوين كمية من الماء باحتراق الأيدروجين فى الأكسجين وقد بيّن كفندش أنه عند فرقعة مخلوط من الأيدروجين والأكسجين يحصل ماء وأن الغاز جميعه يستحيل الى ماء اذا كان حجم الأيدروجين فى المخلوط ضعف حجم الأكسجين ولكن عمل هذه التجربة ليس بالأمر اليسير وأسهل منها إمرار الأيدروجين على مادة فيها أكسجين كالرصاص الأحمر (أكسيد الرصاص) وأكسيد النحاس الأسود لما فيها من الأكسجين يتصرف للأيدروجين عند تسخينها .

تأخذ أنبوبة زجاج متينة ونجففها تماما ونشحنها بالرصاص الأحمر ثم ندخل من أحد طرفيها تيارا من الأيدروجين بعد تجفيفه بامراره فى أنابيب مشحونة بكلورور الكلسيوم الذى يمتص الرطوبة (صفحة ٤٢) ونمطل الطرف الآخر ونلويه وندخله فى أنبوبة اختبار مبردة بوضعها فى الماء (شكل ٤٢) وبعد ملء الجهاز بالأيدروجين وجمع الغاز الذى يخرج من الأنبوبة وتحقق أنه يحترق احتراقا هادئا اذا أشعل يسخن الرصاص الأحمر فتظهر فى الحال قطرات السائل آخذة فى التكوّن وبالتسخين بعناية تحوّل هذه القطرات من الأنبوبة المتينة الى انبوبة الاختبار المبردة وبعد أن تحصّل

كمية كافية من السائل يختبر مظهره وتعيّن خواصه الطبيعية التى يستدل منها أنه ماء ويظهر بالفحص أن الرصاص الأحمر قد تغيّر الى أشهب قاتم يكاد يكون أسود ينصهر اذا سخن فيستحيل الى كريات لماعة فلزية لينة لونها أشهب تعرف فى الحال أنها الرصاص .



(شكل ٤٢) امرار الأيدروچين على رصاص أحمر مسخن

برهان أن الماء أكسيد أيدروچين — نستنبط مما سبق أن الأيدروچين اتحد بأكسچين أكسيد الرصاص وكوّن أكسيد أيدروچين تاركا الرصاص وحده ويعبر غالبا عن هذه الحقيقة وما يماثلها بمعادلة كما يأتى :

أكسيد الرصاص + أيدروچين = رصاص + أكسيد أيدروچين

ومعنى الاشارة (=) فى مثل هذه المعادلة (تتفاعل كيميائيا وتكوّن) وقد كوّنا فى هذه التجربة ماء من المادتين اللتين يتركب منهما وبينا أنه أكسيد أيدروچين وتسمى كل عملية مثل هذه "بالتكوين" .

الاختزال والتأكسد — التغير الذى شرحناه الآن يمثل ما يسمى "بعمليتى الاختزال والتأكسد" فيقال ان أكسيد الرصاص اختزل أو أخذ مافيه من الأكسچين وبالعكس يقال إن الأيدروچين تأكسد ويكون هذان التغيران معا دائما وعامل الاختزال الذى هو الأيدروچين فى هذه الحالة هو الذى يتأكسد على الدوام وعامل التأكسد وهو الرصاص الأحمر فى هذه الحالة هو الذى يختزل .

تركيب الماء وزنا — يمكن معرفة وزن الأكسچين الذى فى مقدار معلوم الوزن من الماء بطريقة اختزال أكسيد بواسطة الأيدروچين فيعلم وزن الأكسچين

(أمام صفحة ٨٥)



جيان بتيست أندرى دوماس (١٨٠٠ — ١٨٨٤)
Jean Baptiste André Dumas.

المتحد بالأيدروجين من مقدار نقص وزن الأكسيد أثناء التجربة وبتعيين وزن الماء الحاصل وطرح وزن الأكسجين منه فينتج وزن الأيدروجين المتحد به ولهذا تعدّل التجربة المشروحة (بصفحة ٨٣) كما يأتى فيستعمل بدل الرصاص الأحمر أكسيد النحاس الأسود بعد تجفيفه جيدا (شكل ٤٢) ويطهر الأيدروجين المستعمل مما فيه من بخار الماء وغيره من المواد الغريبة وتوزن الأنبوبة المحتوية على الأكسيد قبل الاختزال وبعده ويجمع الماء الحاصل فى أنبوبة فارغة متصلة بأنابيب ذات شعبتين مشحونة بكلورور الكلسيوم الجاف ليتسنى جمع ما يمكن أن يتسرب من الماء فى صورة بخار وتوزن أنابيب الجمع هذه قبل التجربة وبعدها فاذا انتهى الاختزال تسخن الأنبوبة المتينة بعناية من أولها الى آخرها حتى يمكن إخراج كل ما تكوّن من الماء الى أنابيب الجمع ومنعا لارتداد بعض الماء الى الأنبوبة يجب ألا ينقطع تيار الأيدروجين حتى يبرد جميع الجهاز وهاك تفصيل الحساب :

وزن الأنبوبة مع أكسيد النحاس قبل الاختزال = ٤٣٫٩٠١ من الجرامات
وزن الأنبوبة مع أكسيد النحاس بعد الاختزال = ٤٢٫٦٤٣ من الجرامات
∴ وزن الأكسجين المستعمل ... ... = ١٫٢٥٨ من الجرامات
وزن أنابيب الجمع بعد التجربة ... ... = ٥٣٫١٣٣ من الجرامات
وزن أنابيب الجمع قبل التجربة ... ... = ٥١٫٧٢٤ من الجرامات
∴ وزن الماء المتكوّن ... ... = ١٫٤٠٩ من الجرامات
∴ من كل ١٫٢٥٨ من الجرامات من الأكسجين يتكوّن ١٫٤٠٩ من الماء
∴ ٠٫١٥١ من الجرام من الأيدروجين تحدمع ١٫٢٥٨ من الجرامات من الأكسجين
∴ جرام واحد من الأيدروجين يتحدمع ٨٫٣٣ من الجرامات من الأكسجين

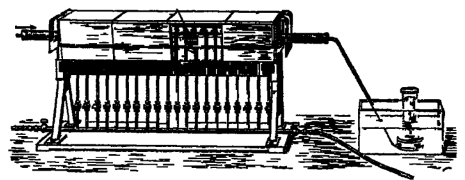
وهذه الأعداد هى ما يصل اليه المجرب العادى ولكن "دوماس" (Dumas) الكيميائى الفرنسى الشهير قام بهذه التجربة تسع عشرة مرة بدقة عظيمة فاستنتج أن ٨٤٠٫١٦١ من جرامات الأكسجين تستعمل فى تركيب ٩٤٥٫٤٣٩ من جرامات الماء ومن ذلك يرى أنّ ٧٫٩٨ من جرامات الأكسجين بالضبط تقريبا تتحد بجرام واحد من الأيدروجين لتكون ٨٫٩٨ من جرامات الماء .

استخراج الأيدروجين من الماء — والآن نحاول تحليل الماء أى تجزئته الى مركبيه وذلك بجعل أكسجين الماء يتحد بمادة أخرى أى باختزال الماء والطريقة فى ذلك هى أن يمرّ البخار على حديد مسخن الى درجة الاحمرار .

فيُغلى المـاء فى دورق ويمرّ منه البحار الى أنبوبة من الصينى تحتوى على برادة الحديد المسخنة الى درجة الاحمرار ويمكن اسـتعمال الجهاز المبين (بشكل ٤٣) لهـذا الغرض باستخدام أنبوبة وصل يتسنى بها جمع الغاز فوق المـاء وبعد إمرار البخار الذى يتكثف عند وصوله الى حوض المـاء وتركه هكذا حتى تمتلئ منه الأنبوبة وينفذ داخلها بوفرة يسخن الجزء المحتوى على الحديد فترى فقاقيع غاز عديم اللون تنحدر داخل أنبوبة الوصل فتجتمع فى مخبار ويرى أن خواص هـذا الغاز العديم اللون هى خواص الأيدروچين وأن سطح الحديد قد غطى بطبقة سوداء من أكسـيد الحديد وقد عمل لفوازييه هذه التجربة بإمرار البحار فى أنبوبة بندقة من حديد مسخنة الى درجة الاحمرار فحصل على هذه النتائج نفسها

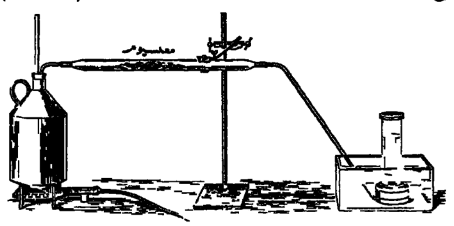
ويمكن التعبير عن التغير الحادث هكذا

حديد + أكسيد الأيدروچين = أكسيد الحديد + أيدروچين



(شكل ٤٣) اختزال المـاء بإمرار البحار على حديد مسخن الى درجة الاحمرار

ويمكن استعمال عوامل اختزال غير الحديد فعند إمرار البحار على المغنسيوم المسخن يحصل على النتيجة السابقة عينها وباستعمال أنبوبة زجاجية متينة (شكل ٤٤) يرى أن



(شكل ٤٤) إمرار البحار على المغنسيوم المسخن

المغنسيون يحترق فى البخار كما يحترق فى الهواء وربما نتج اشتعال الأيدروجين المتكوّن ولشدّة هذا التفاعل وعظم الحرارة تتكسر الأنبوبة أحيانا ويستحيل المغنسيوم الى أكسيد أبيض كالذى تكوّن آنفا باحتراق هذا الفلز (صفحة ٧٠) .

الأيدروجين عنصر — فى التجارب التى شرحناها أُمِرّ الأيدروجين على الرصاص الأحمر أو أكسيد النحاس وجمع الماء المتكوّن وهذا الماء يمكن إمراره على الحديد على صورة بخار ويجمع الأيدروجين الحادث فيرى أنه كالأيدروجين الأصلى فالأيدروجين قد اتحد اتحادا كيميائيا بالأكسجين ثم فصل من هذا الاتحاد ولم يتغير على أنه مهما حصل للأيدروجين فلا يمكن تكوين مادة جديدة منه إلا باتحاده وحده بمادة أخرى كالأكسجين وكذلك لو استعمل منه وزن معلوم فان وزن المادة الحاصلة يكون أعظم من الوزن الأصلى وكل تغير فى الأيدروجين هو تغير إضافة ولا سبيل لتحضير مادة من الأيدروجين أبسط منه فالأيدروجين عنصر .

أسئلة على الباب الثامن

(١) أوانٍ مملوءة بغاز ربما كان الأيدروجين وربما كان الأزوت كيف تعيّنه ؟

(٢) اشرح تفاعل حامض وفلز مبينا ذلك بمثال حقيقى ثم برهن على أن الذوبان الحاصل ليس ذوبانا عاديا .

(٣) اشرح طريقة تجهيز الأيدروجين واذكر أشهر خواصه .

(٤) إذا تراكم الضباب على لوح زجاج بوضعه فوق لهب الأيدروجين فما تعمل لتحقيق ذاتية المادة المتركب منها هذا الضباب وجمعها ؟

(٥) يقال إن الأيدروجين عنصر والماء مركب فما البراهين العملية القائمة على صحة ذلك ؟

(٦) فسر معنى كلمة "أيدروجين" .

(٧) اشرح تجربتين لبيان أن الماء أكسيد أيدروجين .

(٨) بيّن معنى كلمة "عامل اختزال" واذكر مثالين لذلك .

(٩) إذا أُمر الأيدروجين على أكسيد النحاس المسخّن تسخينا شديدا فاشرح شرحا دقيقا ما يحدث من التغير فى الوزن واذكر ما يحصل من الأنتجة بالتفاعل .

(١٠) إذا ملئت أنبوبة فوق الماء الى منتصفها بالأيدروچين ثم أضيف الى ذلك مايساوى هذا الحجم من الأكسچين ورفعت الأنبوبة وقرب من فوهتها لهب فما ذا تتوقع حصوله ؟ هل التغير كيميائى أو طبيعى ؟

(١١) اشرح تجربة يُختزل فيها الماء واذكر ما ينتج من المواد بذلك .

(١٢) اشرح طريقة للحصول على الأيدروچين من الماء .

(١٣) اذكر طريقتين مختلفتين لتجهيز الأيدروچين وبيّن (ا) كيف تعيّن كثافة هذا الغاز ؟ (ب) وكيف تبرهن أنه عامل اختزال ؟

(١٤) إذا أُمر الأكسچين على رصاص مسخن تسخينا شديدا فى أنبوبة ودام ذلك بضع ساعات ثم بردت الأنبوبة ثم سخنت مرة ثانية وأمر فيها أثناء ذلك أيدروچين وبُرِّدت وجُمعت الأنتجة الخارجة منها أخيرا فما التفاعل الذى حدث ؟ وما الأنتجة التى ترجو أن تحصل عليها ؟

(١٥) ما تأثير تسخين الحديد فى البخار ؟ وكيف يسترجع الحديد الفلزى من النتاج الحادث؟ وإذا كنت قد رأيت هذه التجربة فصف مظهر الفلز المسترجع وخواصه .

(١٦) إذا سخن النحاس معرّضا للهواء فانه يُغطى بقشرة حمراء أو سوداء فكيف تبرهن على أن هذه القشرة أكسيد النحاس ؟

(١٧) ما تفهمه من الاصطلاحين "تحليل" و"تكوين" ؟

كيف تبين تركيب الماء (ا) بالتحليل (ب) بالتكوين ؟

(١٨) اشرح تجربة تجهيز نحو لتر من الأيدروچين شرحا تاما وارسم الجهاز الضرورى لذلك واذكر كيف تحقق ذاتية هذا الغاز ؟

(١٩) اذكر تجربة بسيطة تثبت بها أن فى هواء الجو بخار ماء واقترح طريقة لتعيين كمية بخار الماء التى فى حجم معيّن من الهواء .

(٢٠) اشرح ما يحدث عند إمرار تيار من البخار على الحديد المسخن الى درجة الاحمرار وارسم شكل الجهاز المستعمل فى التجربة .

(٢١) لماذا تعتبر أن الماء ليس من العناصر ؟ بيّن بالشرح الوافى الى أى قسم من المواد ينتسب ؟

تمارين عملية

(١) اعمل تجربة لتبين هل الأيدروچين يحترق فى الأزوت ؟

(٢) جهز قطعا من الخارصين المنحس بوضع الخارصين المحبب مدّة فى محلول الزاج الأزرق (كبريتات النحاس) ثم أفرغ السائل الذى يبقى وضع القطع فى دورق مملوء بالماء واغلها ثم اجمع الغاز المتكوّن وعيّن نوعه وقل من أى هذه المواد تكوّن هذا الغاز ؟

(٣) اجر تجربة تبين فعل البخار فى الخارصين المسخن تسخينا شديدا .

(٤) هل يمكن اختزال أكسيد الحديد الأسود بتسخينه فى تيار من الأيدروچين ؟ لا تسخن الأكسيد قبل إخراج جميع هواء الأنبوبة .

الباب التاسع ـ الرخام والجير

(٢٥) تأثير تسخين الرخام

تدريب ٥٥ — خواص الرخام .

(ا) صف مظهر الرخام واذكر خواصه الظاهرة بما فى ذلك من خواص نوع الرخام النقى المتبلور المعروف "بالكلس" وراجع مذكرتك على تدريب ١٢ (ا) فيما يتعلق بشكل الكلس البلورى ومما ذكر بتدريب (٦) عيّن هل الرخام قابل للذوبان فى الماء ؟

(ب) اسكب شيئا من الماء على قطعة من الرخام بعد وزنها ووضعها على زجاجة ساعة . هل يظهر تغير فى الرخام ؟ وبعد يوم أو يومين جفف الرخام والزجاجة فى فرن الهواء الساخن وعين الوزن ثانيا . هل تغير ؟

(حـ) رج قطعة من الرخام المتبلور الرائق الكلس فى شئ من الماء وبين هل يؤثر بعد ذلك فى ورق عباد الشمس الأزرق أو الأحمر ؟ هل هو قلوى أو حامض ؟

(ء) املأ أنبوبة اختبار لمنتصفها بالماء ثم أضف اليها قليلا من حامض الكلوردريك المخفف . هل يظهر أثر لوضع الرخام فى هذا الحامض المخفف ؟ اشرح ما يحدث .

تدريب ٥٦ — نتيجة تسخين الرخام .

(ا) ضع قطعة من الرخام فوق شبكة معدنية ودعها تسخن نحو عشر دقائق فى أشد أجزاء لهب مصباح بنزن حرارة وفى أثناء ذلك زن نحو جرام من مسحوق الرخام فى بودقة وسخنه فى الفرن العازل (شكل ٣٠) .

(ب) اترك قطعة الرخام التى سخنتها على الشبكة تبرد ثم أزلقها فى أنبوبة اختبار فيها من الماء المقطر ما يكفى لغمرها واذكر ما تراه وبعد رجها فيه اسكب قطرات منه على ورق عباد الشمس الأحمر أو الأزرق وبيّن هل المحلول متعادل ثم تبخر قطرات منه على زجاجة ساعة ويقام الدليل على أن مادة غير الرخام قد ذابت الآن فى الماء ثم اجعل ماء الحنفية يقطر على قطعة الرخام عشرين دقيقة واغسلها بالماء المقطر فى نهاية ذلك الوقت ثم اسكب عليها قطرات من الماء المقطر وبيّن هل قد صار الماء حينئذ قلويا أو حامضيا ؟ واذكر دليلك على أن مادة جديدة تكونت على سطح الرخام عند تسخينه .

(ح) أخرج البودقة التى فيها الرخام المسحوق من الفرن أو من اللهب واتركها تبرد فى المجففة ثم عيّن هل وزنها كما كان قبل التسخين ؟ هل تستدل من النتيجة على حدوث تغير من التسخين ؟ فاذا كان كذلك فما نوع التغير من حيث كونه طبيعيا أو كيميائيا ؟ ردّ الجسم الصلب الى المجففة من غير أن تحرّكه مطلقا .

(ى) أرجع البودقة التى فيها الرخام الذى سبق تسخينه الى الفرن وسخنها مدة نصف ساعة على الأقل ثم اتركها تبرد فى مجففة وأعد وزنها لترى هل اعتراها النقص مرة ثانية ؟ فاذا كان كذلك فسخنها أيضا وهلم جرا حتى لا تفقد من وزنها شيئا بعد . ثم احسب ما فقده الرخام فى المائة من وزنه الأصلى . ما نوع المادة المفقودة أثناء التسخين ؟

تدريب ٥٧ — المادة الناتجة عند تسخين الرخام .

(ا) افحص المادة المتروكة فى البودقة بعد التسخين وقارن بين مظهرها وبين مظهر الرخام هل هى بلورية ؟ قطر عليها شيئا من الماء ولاحظ هل تسخن ؟ ثم رج بعضها مع الماء فى أنبوبة اختبار ويرشح بعض هذا السائل على زجاجة ساعة ويبخر ماؤه . هل هذه المادة قابلة للذوبان فى الماء ؟

(ب) بلّ ورق عباد الشمس الأحمر والأزرق بالماء الذى رجت فيه هذه المادة.

(حـ) اسكب على هذه المادة قليلا من حامض الكلوردريك . هل تذوب ؟ وهل يصعد منها غاز ؟

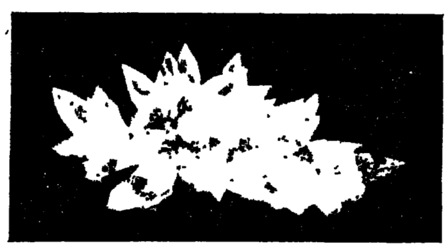
(ء) قارن بين الرخام وبين المادة الحادثة من تسخينه واجمع خواصهما المتناظرة فى جدول وذلك من حيث تأثير الماء فيهما . ومن حيث كون كل قابلا للذوبان أو غير قابل . ومن حيث تأثيرهما اذا كانا مبلولين فى ورقة عباد الشمس . ومن حيث تأثير الحامض فيهما . هل هما مادة واحدة ؟

(هـ) هل من النتائج السابقة تعتبر أن تسخين الرخام يحدث تغيرا كيميائيا أو طبيعيا ؟

تدريب ٥٨ — خواص الجير — خذ قطعة من الجير الجديد وقطر عليها قليلا من الماء واتركها زمنا وبيّن فعل الماء المرجوج معها فى عباد الشمس ثم أفرغ قليلا من حامض مخفف تخفيفا عظيما على قطعة صغيرة من الجير وقارن بين خواص الجير وخواص المادة الحادثة من تسخين الرخام .

تدريب ٥٩ — تأثير الحرارة فى حجر الجير والطباشير — سخن فى فرن قليلا من حجر الجير ومن الطباشير فى بودقتين وعيّن ما يفقد من الوزن بعد تكرار التسخين مرات ولاحظ خواص المادتين الباقيتين بعد التسخين وقارنها بخواص الجير .

الرخام والكلس — الرخام صخر بلورى قليل الوجود فى انجلترا وكثير فى ممالك أخرى كايطاليا ويوجد الكلس أى المادة التى يتركب منها الرخام شفافا لا لون له تارة وتارة على شكل بلورى تام (شكل ١١ و ٤٥) والرخام يكاد يكون غير قابل للذوبان



(شكل ٤٥) بلورات الكلس (ذات الشكل النابى المتبلور)

فى المـاء فلا يظهر فيه تغير ما عند بلّه كما أن المـاء الذى رج معه لا يؤثر فى عباد الشمس الأزرق أو الأحمر فالرخام اذن مادة متعادلة ولو وضع فى حامض لذاب مع افراز فقاقيع غازية عديمة اللون أثناء الذوبان .

وإذا سخنت بلورة الكاس الشفاف بلهب بضع دقائق فان السطح يرى كدرا واذا برد ثم غمر فى المـاء سمع له أزيز عال ويصير المـاء قلويا كما يرى بالأختبار فلا شك فى حدوث مادة قلوية أثناء التسخين وهذا يدل على أن تسخين الرخام يحدث تغيرا كيميائيا .

المـادة المكوّنة بتسخين الرخام — يلاحظ عند تسخين مقدار معلوم الوزن من مسحوق الرخام فى الفرن العازل أن قد طرأ نقص ظاهر فى وزنه فتكون المـادة الباقية أقل من الأصلية والمـاء يؤثر فى الجسم الصلب المتروك من بعض الوجوه فاذا قطر عليه حدثت حرارة عظيمة تحوّل بعض المـاء الى بخار وهذا الجسم الجديد قابل بعض القبول للذوبان فى المـاء ومحلوله قلوى كما رأينا واذا وضع فى حامض الكلوردريك المخفف ذاب ولا يخرج منه غاز كما حصل فى ذوبان الرخام فى الحامض فبتسخين الرخام ينتج جسم صلب مختلف عنه تمـام الاختلاف .

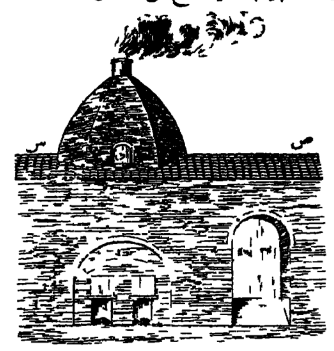
ويعرف هذا الجسم فى العرف بالجير وللمـاء تأثير غريب فيه إذ يُصيّر القطع الكبيرة المتماسكة مسحوقا ناعمـا ويحدث من ذلك حرارة عظيمة يصعد بسببها غيم من البخار ويعرف الجير الجديد التجهيز بالجير الحىّ وبعد بلّه بالمـاء يصير جيرا مطفأ يذوب ذوبانا يسيرا فى المـاء ويكوّن محلولا قلويا يعرف "بمـاء الجير" .

حجر الجير والطباشير والرخام مادة واحدة — اذا قورن بين صخر حجر الجير والطباشير والرخام ظهر تشـابه عظيم على رغم اختلاف بعض خواصها الطبيعية فجميعها تكاد تكون غير قابلة للذوبان فى المـاء ولكنها تذوب فى الحامض وتحدث غازا عديم اللون واذا سخنت تفقد بعض وزنها وتستحيل الى جير ويوجد الحجر الجيرى والطباشير فى بعض الجهات ولا يمكن تمييز أحدهما من الآخر إلا بصعوبة ويكون حجر الجير فى جهات أخرى صُلبا يشابه الرخام والحقيقة أن هذه الأحجار الثلاثة — الرخام والطباشير والحجر الجيرى — تتركب من مادة واحدة هى من بقايا الحيوانات البحرية .

ويتركب معظم الحجر الجيرى من أجزاء صلبة من الأطوم والمرجان (حيوانات بحرية تشابه شـقائق النعمان البحرية) ويتركب الطباشير كما يرى بالمكرسكوب من ملايين من

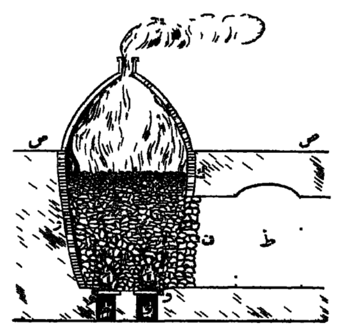
صدف الحيوانات الثقبية الدقيقة (حيوانات بحرية صغيرة) وأما الرخام فقد تكوّن من الحجر الجيرى بفعل حرارة وضغط عظيمين فى القشرة الأرضية .

صناعة الجير — تصنع المادة المعروفة بالجير من قديم الزمان من الطباشير والحجر الجيرى فكانت القمائن تبنى غالبا على منحدر التلال ذات (المحاجر) على شكل آبار مستديرة واسعة وكانت نهاياتها العليا أوسع من القعر الذى تجاوره فتحة .



(شكل ٤٦) قمين الجير (المنظر الأمامى)
ا ، ب بابا الفرن — حـ ، ى حفرتا رماد — هـ ، و شباكا إحراق — ح ، ع
وقود — س ، ك بطانة آجر — ى باب صغير لمشاهدة سير الاحتراق — ط
قبة حامية أو باب يخرج منه الجير بعد الاحتراق

واما الحديث منها فأكثر اتقانا ولكن الفكرة واحدة (شكلى ٤٦ و ٤٧) فتوضع المواد القابلة للاحتراق كالخشب والفحم فى غور القمين وتُكدّس فوقها قطع من حجر الجير أو الطباشير ومعها مقدار آخر من الوقود فبعد ايقاد النار من الفتحة السفلى تشتعل اشتعالا تدريجيا فى أنحاء القمين فتحدث حرارة عظيمة تحوّل حجر الجير أو الطباشير الى جير غير أن الجير المكوّن على هذا النحو لا يمكن أن يكون نقيا وأكثر ما يستعمل فى عمل «الخراصانى» (اسمنت) والملاط والمتبع الآن عدم مزج الوقود بالحجر الجيرى بل إحراقه على شباك من الحديد وبذلك يحصل على نتاج أكثر نقاء ويجب ألا يلتبس الفرق بين الجير والحجر الجيرى لأن هذا يصنع منه ذاك .



(شكل ٤٧) مقطع قمين الجير (مبتدئا من س الى ص فى شكل ٤٦)
مدلول الأحرف هنا كما فى (شكل ٤٦) — ن فتحة القمين الجانبية مقفلة بقطع من الطباشير الملتحمة بتراب الجير

نقص وزن الرخام عند تسخينه — إذا سخن الرخام تسخينا شديدا فانه يفقد جزءا من وزنه واذا استمر التسخين وصل الى حدّ لا نقص بعده وبذا يكون التغير الكيميائى قد تم وتحوّل الرخام عن آخره الى جير حىّ فيحسب نقص وزن الرخام فى المائة وللحصول على نتيجة صحيحة يجب الاعتناء بألا يبعثر شئ من الرخام وأن يستعمل ميزان حساس وهاك نتيجة تجربة :

وزن البودقة والرخام قبل التسخين ... ... = ١٦٫٨٢١ من الجرامات
وزن البودقة ... ... = ١٥٫٨٣٧ من الجرامات
∴ وزن الرخام المستعمل ... ... = ٠٫٩٨٤ من الجرام
وزن البودقة والرخام قبل التسخين ... ... = ١٦٫٨٢١ من الجرامات
وزن البودقة والرخام بعد التسخين ... ... = ١٦٫٣٨٩ من الجرامات
∴ نقص وزن الرخام ... ... = ٠٫٤٣٢ من الجرام
∴ نقص وزن ٠٫٩٨٤ من الجرام من الرخام ... ... = ٠٫٤٣٢ من الجرام
∴ نقص وزن ١٠٠ جرام من الرخام ... ... = ٤٣٫٩٠ من الجرامات

وبإجراء تجارب من هــذا القبيل نجد أن متوسط نقص الوزن يكاد يكون ٤٤ ٪ تمــاما فمن كل ١٠٠ جرام من الرخام يحصل على ٥٦ جراما من الجير فقط .

ربما يبدر الى الذهن أثنــاء البحث فى نتائج تسخين الرخام أن هذا التغير كغيره مما يحدث بتسخين المواد . وربما اتحد الرخام عند تسخينه بجزء من الهواء وصَعِد الناتج من البودقة فى صورة بخار أو غاز وهذا التغير لا يمكن أن يحصل ما دام الهواء محجوبا عن الرخام كما يتوقع اذا غطى بطبقة رملية قبل التسخين ولكن قد وجد أن تغير الوزن حاصل أيضا اذا غطى فلا دخل للهواء فى التغير الكيميائى ولكن هناك مسألة لاشك فيها وهى أن المــادة المفقودة بالتسخين يجب أن تصعد فى صورة بخار أو غاز عديم اللون إذ لا نرى أثرا لصعودها أثناء التسخين .

ويحسن الآن أن نترك البحث فى حقيقة هذا التغير المنتج للجير ونتخطاه الى البحث فى تغير الرخام بالحوامض .

(٢٦) فعل الحوامض فى الرخام

تدريب ٦٠ — ذوبان الرخام فى الحوامض .

(ا) ضع قطعــة صغيرة من الرخام فى حامض الكلوردريك المخفف ولاحظ ما يحدث ثم قارن النتيجة بمــا لاحظته عند إذابة الجير فى هذا الحامض نفسه وبيّن الفرق بين النتيجتين .

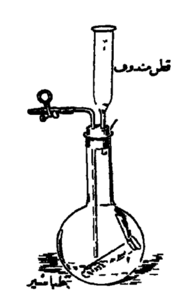
(ب) يَخْرَ المحلول الناتج الى أن يجف ويقارن بين الجسم الحاصل وبين الرخام وينظر هل يذوب فى المــاء بسهولة ثم يلاحظ أثر تركه فى الهواء بضع ساعات ، هل هو رخام ؟

(حـ) صف المــادة الغازية الحاصــلة من إذابة الرخام فى الحامض وبيّن هل ذوبانه الرخام فى حامض تغير كيميائى أو طبيعى ؟

(ى) أذب الرخام فى حامض الكبريتيك والأزوتيك المخففين واشرح ما يحدث .

تدريب ٦١ — تغير الوزن أثناء إذابة الطباشير والرخام فى الحوامض .

(ا) جهز دورقا صــغيرا كما هو مبين (بشكل ٤٨) واحش الأنبوبة الواســعة بقطن مندوف حشوا محكما ثم زن بالضــبط فى أنبوبة اختبار صــغيرة يمكن ادخالهــا فى الدورق مقدارا صغيرا (نحو جرام) من مسحوق الطباشــير أو الرخام واسكب



(شكل ٤٨)
تغير الوزن أثناء اذابة الطباشير أو الرخام فى حامض

فى الدورق نحو ٢٠ س م^3 من حامض الكلوردريك المركز بعد تخفيفه بما يساوى حجمه من الماء ثم علّق أنبوبة الاختبار فى الدورق بخيط من القطن حتى لا يصل الحامض الى الرخام وبعد إعادة السداد الى مكانه محكما زن الدورق بما فيه وأمله حتى يصل الحامض الى الرخام وعند ما يذوب فأمرّ تيارا ضئيلا من الهواء فى الأنبوبة الطويلة بواسطة المنفاخ حتى يحل الهواء محل ما فى الدورق من الغاز ثم زنه ثانية واحسب النسبة المئوية لتغير وزن الرخام المستعمل.

(ب) إذا كان فى الوقت متسع فأعد التجربة مستعملا حامض الأزوتيك بدل حامض الكلوردريك وبيّن هل نقص الوزن فى المائة واحد فى الحالتين ؟

(حـ) قارن نسبة نقص الوزن فى المائة بالنقص عند تسخين الرخام واذكر الأدلة التى تستنتجها لبيان سبب نقص وزن الرخام عند تسخينه .

نتائج إذابة الرخام فى الحوامض — إذا وضعت قطعة من الرخام فى حامض الكلوردريك المخفف ذابت حالا وتكوّنت فقاقيع من غاز عديم اللون فاذا بخر هذا المحلول لايحصل رخام وانما تنتج مادة أخرى مخالفة له كل المخالفة فى الخواص إذ يختلف مظهر بلوراتها عن مظهر بلورات الكلس وتذوب فى الماء حالا واذا تركت فى الهواء ندّيت وذابت فيما يجتمع حولها من الماء ومقاديرها الطبيعية الثابتة هى مقادير كلورور الكلسيوم (صفحة ٢١) فمن الرخام والحامض تتكوّن مادّتان جديدتان كلورور الكلسيوم وغاز عديم اللون فالتغير إذن كيميائى لا طبيعى وكذا يذوب الرخام فى غير ذلك من الحوامض منتجا نتائج مشابهة لهذه بعض المشابهة فيخرج غاز عديم اللون وجسم صلب يختلف اختلافا تاما عن الرخام .

نقص الوزن عند اذابة الرخام فى الحوامض — لتعيين تغير الوزن الحادث من هذه التغيرات الكيميائية يستعمل الجهاز المبين (بشكل ٤٨) ويرى الطالب تفصيل التجربة فى تدريب (٦١) فيؤخذ شئ من الرخام ويوزن فى أنبوبة اختبار صغيرة ثم يعلق فى دورق فوق كمية صغيرة من الحامض وبعد تعيين وزن الدورق وملحقاته ومحتوياته

يترك الحامض ليؤثر فى الرخام وتحشى الأنبوبة التى يخرج منها الغاز بقطن مندوف حتى لا يحمل الغاز معه رشاشا من الحامض وعندما يذوب الرخام يطرد الغاز من الدورق بتيار من هواء المنفاخ فإذا وزن الدورق ثانية يرى أن وزنه قد نقص ولا شك أن هذا آت من خروج الغاز المتكون وهو يكاد يكون ٤٤ ٪ تماما من وزن الرخام المستعمل .

وقد بيّن الطبيب بلاك الادنبرجى (سنة ١٧٥٤) أن النقص فى الوزن يقرب من ٤٤ ٪ من وزن الرخام المستعمل مهما كان نوع الحامض المتخذ لاذابته .

طريق لمعرفة تركيب الرخام — لقد وصلنا الآن لمعرفة طريقة هامة وهى أن نقص الرخام عند تسخينه يساوى نقصه عند إذابته فى حامض أى ٤٤ ٪ ولا يعقل أن يكون طباق هاتين النسبتين مجرد مصادفة فهل يمكن أن يكون نقص الوزن بالتسخين ناتجا من تطاير نفس الغاز المتطاير عند الاذابة فى حامض ؟ اذا كان كذلك فهذا سبب تساوى النقص فى الحالتين وهو يدل على أن الرخام يجب أن يكون مركبا من غاز عديم اللون متحدا بالجير الذى يتخلف بعد التسخين نربما أمكن لذلك تكوين الرخام بالتوفيق بين الجير وهذا الغاز العديم اللون وينبغى أن نذكر أن الرخام لم ينتج هذه الصلابة والبلورية إلا بسبب الضغط فى قشرة الأرض لهذا نتوقع أن يكون ما نصل اليه بطريق الصناعة أقل صلابة وكثافة وأن يكون أشبه بالطباشير منه بالرخام .

(٢٧) تركيب الرخام

تدريب ٦٢ — الغاز المكوّن من الرخام مع الحوامض — للحصول على الغاز الحاصل من تأثير الحوامض فى الرخام خذ الجهاز الموضح بتدريب (٥٦) واحش الأنبوبة الواسعة بقطع من الرخام واستعض عن أنبوبة الوصل أنبوبة ذات زاويتين قائمتين (شكل ٤٩) ثم ثبت الأنبوبة الواسعة داخل المخبار بحيث يصل ما فيه من حامض الكلوردريك المخفف الى الرخام وأمر الغاز المكوّن فى ماء الجير الرائق (وهو محلول الجير المشبع الحاصل بوضع الجير المطفأ فى الماء) ثم لاحظ ما يحدث .

رخام

(شكل ٤٩)
تجهيز غاز من اذابة الرخام فى حامض

تدريب ٦٣ — الجسم الصلب المكوّن من اتحاد الجير بالغاز الناتج من الرخام.

(أ) جهز مقدارا كبيرا من الراسب الحاصل فى التدريب السابق بأن تمرّ الغاز فى دورق كبير ملئ بماء الجير فمن حيث إن الراسب يأخذ فى الذوبان إذا زاد ما يمرّ من الغاز على كمية معينة يقطع تياره اذا ظهرت علامة ما تدل على أن الجسم أخذ يذوب ثم ضع الجسم على ورقة رشح وجففه فى فرن الهواء الساخن .

(ب) افحص الجسم الصلب المجهز كما مرّ . هل هو حامضى أو قلوى ؟ ابحث عن فعل الحوامض فيه وسخن قطعة معلومة الوزن منه فى القرن العازل حتى يصل نقص وزنها الى غايته القصوى ثم عيّن ما فقدته فى المائة من الوزن وافحص الجسم الصلب الباقى فى البودقة وعيّن هل هو جير ؟ ثم حقق إن كان هذا الجسم فى نفس الرخام أو الطباشير .

تجهيز الرخام من الجير — للوقوف على أن الرخام مركب الجير والغاز الناتج من إذابته فى الحوامض يوفق الجير مع هذا الغاز بأن يمرّ الغاز مثلا فى ماء الجير (صفحة ٩٢) فيظهر حالا جسم صلب ابيض غير قابل للذوبان فى الماء (كل جسم صلب غير قابل للذوبان وقد تكوّن من محلول يسمى "راسبا") ولا ينبغى إمرار الغاز فوق ما يلزم لأن الراسب يأخذ فى الذوبان بعد مدّة ويمكن الحصول على مقدار وافر من هذا الجسم بامرار الغاز فى كمية كبيرة من ماء الجير ولفصل الراسب يرشح ويجفف ثم يفحص فيرى أنه يذوب فى الحوامض ويفرز غازا عديم اللون وأنه لا يؤثر فى عباد الشمس وإذا سخن تسخينا شديدا فقد ٤٤ ٪ من وزنه وترك جسما صلبا خواصه كخواص الجير فهو يطابق الرخام فى تركيبه مع أنه مسحوق أبيض كما بين ذلك "بلاك" سنة ١٧٥٤

ومعنى هذا أن الرخام قد تكوّن أو ركب من الجير والغاز المجهز بوضع الرخام فى الحامض والمادة المجهزة بهذه الكيفية أكثر مطابقة للطباشير منها للجير وتعرف بالطباشير الراسب وأما الغاز الناتج من إذابة الرخام فى الحوامض فيكفى أن نسميه الآن "بغاز الطباشير".

انقسام الرخام الى جير وغاز طباشير — هل يمكن بعد ما شاهدناه أن نحصل على غاز الطباشير والجير بتسخين الرخام ؟ وأسهل طريقة لذلك تسخين مسحوق الرخام فى زجاجة متينة قد ركبت عليها أنبوبة وصل مغموسة فى ماء الجير ويمرّ فيه ماتكوّن من غاز الطباشير فينتج راسب طباشير على أنه ربما لا يتكوّن هذا الراسب مع أنه يكمد ماء الجير قليلا .

ولتفسير هـذه النتيجة التى لم نتوقعها يجب أن ننظر مليا فى كيفية الحصول على الجير من الرخام فأولا يسـخن الرخام فى فرن حتى ترتفع درجة حرارته ارتفاعا عظيما ومع هذا لا يتم التغير إلا بعـد ساعة على الأقل ثانيا يُمَرّ تيار قوى من الهواء فيذهب بكل ما يتكوّن من الغاز مجاورا للرخام .

والرخام بتسخينه فى الأنبوبة لا ترتفع حرارته الى درجة عالية كهذه والغاز الناتج يبقى مع الرخام . ويجب أن يلاحظ أنه لم يبرهن من قبل على إمكان استحراج الجير بهذه الطريقة بل ربما تعذر التغير فى هذه الحالة وإنمـا يمكن تكوين غاز الطباشير اذا اتبعنا شروط الفرن العازل .

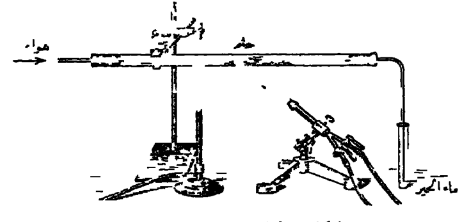
ولذلك يسخن الرخام فى أنبوبة متينة بلهب البورى ويُمَرّ فيها تيـار من الهواء (شكل ٥٠) يسخن بلهب يحمى جزء الأنبوبة الأمامى فلا يبرد الرخام ويمر الغاز الحاصل فى ماء الجير فينتج راسب طباشير أبيض دلالة على أن الرخام قد انقسم الى جير وغاز طباشير.

شروط تحليل الرخام — التغيران الكيميائيان اللذان عرفناهما الآن متضادّان كل التضادّ فهما :

(ا) انقسام الرخام الى جير وغاز طباشير ويسمى ذلك "بالتحلل" .

(ب) تكوّن الرخام من الجير وغاز الطباشير ويسمى ذلك "بالاتحاد" أو "التكوّن" .

فما الذى يعيّن إذن طريق سـيرهذا التغير؟ هنا أمر ظاهر . فأحوال التغيرين متباينة تماما ففى (ا) درجة الحرارة عاليـة ويبعد الغاز عن الجير وفى (ب) درجات الحرارة معتادة ويقرب مقـدار كبير من غاز الطباشير الى الجير وبتغيير هـذه الشروط تنعكس النتيجتان انعكاسا تاما ويقال فى كل تغير كيميائى كهذا إنه قابل للانعكاس .



(شكل ٥٠) انتاج غاز بتسخين الرخام

التغيرات القابلة للانعكاس — ورد فيما سبق أمثلة من هذا القبيل فالزئبق اذا سخن فى الهواء الى درجة أكثر انخفاضا من درجة حرارة غليانه اتحد بالأكسجين وكوّن أكسيد الزئبق الأحمر (صفحة ٦٩) واذا سخن هذا الى درجة حرارة أعلى من السابقة انفصل الى زئبق وأكسجين ويمكن أن يكتب هذا التغير كما يأتى فيدل السهمان على أن التغير يمكن أن يبتدئ من أى طرف .

زئبق + أكسجين ⇄ أكسيد الزئبق

وكذا إذا أُمرّ البخار على الحديد المسخن فانه يحوّله الى أكسيد الحديد الأسود مكوّنا معه ايدروچينا (صفحة ٦٩) واذا أُمرّ الأيدروچين على أكسيد الحديد الأسود المسخن فانه (الأيدروچين) يتأكسد متحوّلا الى ماء ويختزل أكسيد الحديد الى حديد وتكتب هذه التغيرات هكذا :

حديد + ماء ⇄ أكسيد حديد أسود + أيدروچين

فمن هذه النتائج يعلم الطالب أهمية ملاحظة الشروط والأحوال التى يحدث بها التغير الكيميائى فيما درسناه من الحالات حتى الآن نعلم أن العوامل الفعالة هى إما درجة الحرارة وإما إزالة إحدى المواد الغازية المصاحبة للجسم الصلب وإما استرجاعها .

(٢/٨) الجير والمغنيسيا

تدريب ٦٤ — إطفاء الجير — انتق قطعة من الجير الحديث الأحراق وزنها فى بودقة معلومة الوزن ثم اسكب عليها الماء قطرة قطرة الى أن ينطفئ الجير ويبتل تماما ثم جفف الجير المطفأ فى فرن الهواء الساخن حتى يصل وزنه الى غاية النقص واحسب زيادة الوزن فى المائة بالنسبة لوزن الجير الحىّ المستعمل .

تدريب ٦٥ — خواص المغنيسيا — أحرق قطعة صغيرة من شريط المغنسيوم فى بودقة واجمع ما أمكنك من الأكسيد المتكوّن وبعد إخراج المغنسيوم غير المحترق من البودقة ضع قليلا من الأكسيد الأبيض على ورق عباد الشمس الجاف وانظر هل له فعل ؟ ثم اسكب قليلا من الماء على جزء آخر من الأكسيد وأضف اليه محلول عباد الشمس وقارن فعل الأكسيد الجاف والأكسيد الرطب فى عباد الشمس واسكب أيضا على الأكسيد الرطب شيئا من حامض الكلوردريك المخفف ولاحظ ما يحدث .

١ تركيب الجير المطفأ — بحثنا فى كيفية تجهيز الجير الحىّ ولكنا لما نذكر شيئا يتعلق بتركيبه ولا بكونه عنصرا أو جسما مركبا فنقول الآن انه اذا سخن الى درجة البياض لا يحدث تغير أو نقص فى الوزن ولكن الماء يحدث فيه ذلك التغير الظاهر المعروف باطفاء الجير فيتفتت ويصير مسحوقا أبيض ناعما وتحدث حرارة عظيمة جدّا تحوّل بعض الماء الى بخار .

فهل هذا التغير كيميائى أو طبيعى ؟ اذا كان الأوّل فان تجاربنا السابقة تدل دلالة واضحة على أن الوزن لابدّ أن يتغير وهذا هو الواقع فاذا أطفئت قطعة معلومة الوزن من الجير بتبليلها بماء زائد على ما يلزم لذلك ثم تجفيفها فى فرن الهواء الساخن حتى يصل وزنها الى غايته من النقص أى حتى يخرج ما فيها من الماء الزائد على ما لزم لاطفائها فهناك زيادة تعادل ٣٢ ٪ متى صار الوزن ثابتا فبعض الماء إذن يبقى فى الجير ولو سخن الى درجة ١٠٠° مئوية .

وهاك التغير الحادث :

جير حىّ	+	ماء	=	جيرا مطفأ
١٠٠ جزء بالوزن		٣٢ جزءا بالوزن		١٣٢ جزءا بالوزن

فهناك دلائل وافية على أن الجير المطفأ مادة قائمة بذاتها مكوّنة من الجير الحىّ والماء .

خواص المغنيسيا — لدينا مادّة أخرى تشابه الجير وهى المغنيسيا — الأكسيد المكوّن من احتراق فلز المغنيسيوم — ولا يؤثر هذا الأكسيد اذا كان جافا فى عباد الشمس فاذا كان مبلولا فانه يتغير كما يطفأ الجير ويتكوّن محلول يصيّر ورق عباد الشمس الأحمر أزرق وهو قلوى بعض الشئ وتذوب المغنيسيا فى حامضى الكلوردريك والأزوتيك كالجير من غير أن تفرز غازا ولا تتغير اذا سخنت الى درجة البياض ولكنها كالجير تتحد (بغاز الطباشير) وتنتج مادّة تشابه الطباشير .

ويوجد هذا الجسم المركب المكوّن من اتحاد المغنيسيا بغاز الطباشير كثيرا وحده تارة ويسمى "بالمغنيسيت" وتارة ممتزجا بحجر الجير المعتاد مكوّنا معدنا يسمى "دُلُميت" يحصل على المغنيسيا بتسخين المغنيسيت تسخينا شديدا كما حُصل على الجير من حجر الجير أو من الطباشير والمغنيسيت كالطباشير أو حجر الجير ليس له خواص قلوية وهو كالطباشير يذوب فى الحوامض مفرزا (غاز طباشير) .

تركيب المغنيسيا والجير — يتركب المغنيسيت من مغنيسيا وغاز الطباشير فاذا سخن يحدث ما يأتى :

مغنسيت = مغنيسيا + غاز طباشير

ولكون المغنيسيا أكسيد فلز المغنيسيوم تعين أن يكون المغنسيت مركب أكسيد المغنسيوم وغاز الطباشير .

ولما كان الطباشير يماثل المغنسيت تمام المماثلة والجير يماثل المغنيسيا نتج أن الجير أكسيد فلز يماثل المغنسيوم ولقد نقب الباحثون عن هذا الفلز زمنا طويلا ولكن بغير جدوى فلما كانت سنة ١٨٠٨ جهزه ديفى (Davy) الكيميائى الشهير فظهر أنه فلز أبيض لامع يتكدر بسهولة فى الهواء ويسمى "بالكلسيوم" لأنه يدخل فى تركيب الكلس فالجير الحىّ أكسيد كلسيوم والطباشير مركب أكسيد الكلسيوم وغاز الطباشير والتغير عند إطفاء الجير هو عبارة عن إضافة أيدروچين وأكسجين (فى صورة ماء) الى أكسيد الكلسيوم وهذا مثال آخر من أمثلة الاتحاد أو التكوّن ويسمى الجير المطفأ فى الكيمياء "بأدركسيد الكلسيوم" دلالة على أن المركب يحتوى على أيدروچين وأكسجين .

أكسيد الكلسيوم + أكسيد الأيدروچين = أدركسيد الكلسيوم

وبمثل هذه الطريقة تتحد المغنيسيا بالماء .

أكسيد المغنسيوم + أكسيد الأيدروچين = أدركسيد المغنسيوم

وأدركسيدات الكلسيوم والمغنسيوم هى القلوية لا الأكاسيد أى ليس للأكسيدين الجير والمغنيسيا الجافين خواص قلوية .

أسئلة على البـاب التـاسع

(١) فسر التغيرات الحادثة من احتراق حجر الجير فى قمين واذكر فى أى شئ يستعمل النـاتج عادة .

(٢) اشرح الطريقة التى بها تعين مقدار تغير الوزن عند إذابة الرخام فى حامض .

(٣) إذا كان الجسم الصلب الحـادث من إذابة الطباشـير فى حامض الكلوردريك وبخر المحلول قابلا جدًا للذوبان فى المـاء وكان الطباشير نفسه غير قابل للذوبان فيه فمـا الذى تستنبطه من ذلك ؟ وهل لديك أدلة أخرى تعزز بها ماتقول ؟

(٤) وضح تماما مايحدث عند إذابة الرخام فى حامض ثم إمرار الغاز الناتج فى ماء الجير مدّة طويلة وقارن بين خواص الجسم الصلب المكوّن فى ماء الجير وخواص الرخام .

(٥) قارن بين نتيجتى وضع (ا) حجر الجير (ب) والجير فى حامض الكلوردريك المخفف واذكر بماذا تعلل الفرق بين النتيجتين ؟

(٦) كيف تبرهن على أن الغاز الحاصل من إذابة الطباشير فى حامض قد خرج من الطباشير لا من الحامض ؟

(٧) فسر معنى التغير القابل للانعكاس واذكر الشروط التى يحدث فيها مثل هذا التغير .

(٨) كيف تكوّن من الطباشير جيرا حيا وجيرا مطفأ وماء جير ؟ ولأى شئ يستخدم ماء الجير فى المعمل ؟

(٩) كيف تبيّن أن الطباشير يتركب من جير وغاز عديم اللون ؟ وإذا سخنت الطباشير فكيف تعين مقدار محصول الجير فى المائة بالضبط ؟

(١٠) كيف تعزل نموذجا من الرمل عن مخلوط صميم مكوّن من الرمل والطباشير ؟

(١١) كيف تبين أنه يمكن أن يحصل من الطباشير على (ا) جسم صلب ذى خواص تختلف تمام الاختلاف عن خواص الطباشير (ب) وغاز مخالف للهواء الجوى ؟

(١٢) صف مظهر الجير الحىّ واشرح تأثير (ا) رشه بالماء (ب) خلطه بحامض الكلوردريك .

(١٣) اشرح تركيب قمين الجير واستعماله وبيّن ما تراه من الفرق بين خواص حجر الجير قبل تسخينه وبعده .

(١٤) إذا صب حامض الكلوردريك على الرخام نشأ غاز لا يرى يطفئ شمعة موقدة فما التجارب التى تبين أن هذا الغاز مطابق أو غير مطابق للغاز الذى يبقى بعد احتراق الفسفور فى اناء مقفل مملوء بالهواء ؟

تمارين عملية

(١) عيّن التأثير الحادث من تسخين حجر الجير فى الفرن العازل ثم أوجد مقدار تغير الوزن فى المائة وافحص المادة الباقية بعد التسخين وقارنها بالجير .

(٢) اعمل تجارب تبرهن بها أن قشر البيض يتركب من نفس المادّة المركب منها الرخام .

(٣) أذب الرخام فى حامض الأزوتيك واستخرج نتاجا صلبا .

(٤) أوجد نقص الوزن فى المائة عند إذابة الرخام أو الطباشير فى حامض الأزوتيك .

الباب العاشر — الكربون

(٢٩) نتائج احتراق فحم الخشب فى الأكسچين

تدريب ٦٦ — خواص فحم الخشب .

(ا) ضع فلقا من الخشب فى بودقة وغطها بالرمل ثم سخنها مدة وافحص النتاج وقارنه بفحم الخشب العادى .

(ب) هل فحم الخشب قابل للذوبان فى الماء أو الكحول أو حامض الكبريتيك المخفف ؟

(حـ) سخن فحم الخشب على ملعقة حديدية أو نصل مبراة وبيّن هل يحترق بسهولة فى الهواء ؟

تدريب ٦٧ — تكوين أكسيد من فحم الخشب .

(ا) املأ مخابير أكسچينا ثم سخن قطعة من فحم الخشب فى ملعقة إحراق وأنزلها فى أحدها ولاحظ التأثير ثم اختبر الغاز الباقى فى المخبار بعد أن ينطفئ فحم الخشب . هل الشمعة الموقدة تبقى على حالتها فيه ؟ رج معه أيضا شيئا من محلول عباد الشمس .

(ب) جهز هذا الأكسيد فى مخابير أخرى مملوءة بالأكسچين بأن تحرق فيها فحم الخشب . هل يمكن افراغه من مخبار الى آخر ؟ حقق وجوده فى المخبار الثانى بادخال شمعة رفيعة موقدة فيه .

(حـ) رج الأكسيد الذى فى أحد المخابير مع ماء الجير الرائق . ما أثر ذلك ؟ هل هنالك غاز آخر يفعل هذا الفعل ؟ املأ أنبوبة اختبار بهذا الأكسيد بافراغه فيها من أحد المخابير ونكس فوهتها فى ماء الجير واذكر الى أى حدّ امتص الغاز .

(ى) رج الأكسيد الذى فى مخبار آخر مع محلول الصودا الكاوية . هل امتص الغاز ؟

تدريب ٦٨ — مقارنة هذا الأكسيد بغاز الطباشير .

(ا) املأ مخابير من الغاز المجهز من الرخام وحامض (تدريب ٦٢) وقارن خواص هذا الغاز بخواص الأكسيد الناتج من فحم الخشب وبين هل هما متطابقان ؟

(ب) خذ دورقا مجهزا كما فى شكل (٢٢) واملأه بهذا الغاز وعيّن كثافته واحرص ألا يدخل الدورق عيثر من الماء .

(حـ) أدخل قطعة من شريط المغنسيوم الموقد فى مخبار مملوء بالغاز المكوّن من الرخام والجير ولاحظ مايحدث ثم افحص النتاجين الصلبين وأعد التجربة فى مخبار مملوء بأكسيد الفحم المجهز كما فى تدريب ٦٧ (أ) وبيّن طبيعة النتاجين مما تراه عند احتراق المغنسيوم .

فحم الخشب — يحترق الخشب اذا سخن فى الهواء ولايبقى منه إلا قليل من الرماد ولكنه اذا سخن فى وعاء مقفل بقيت مادة سوداء ذات مسام تعرف بفحم الخشب .

يصنع فحم الخشب باحراق كُوَم كبيرة من الخشب المغطى بالطين فيذهب جزء من الخشب بالاحتراق ويسخن الباقى تسخينا شديدا فيتحوّل الى فحم خشب وفى هذه الطريقة خسارة كبيرة لأن الخشب المحرق يذهب عن آخره وهناك طريقة اقتصادية فيسخن الخشب فى معوجات مقفلة من الحديد ومثل هذا أن تحرق فلق من الخشب فى بودقة من الصينى . ويستعمل فحم الخشب وقودا فى جميع الجهات ويحتوى على عنصر يسمى "الكربون" .

تكوين أكسيد من الكربون — اذا سخن فحم الخشب فى الهواء احترق احتراقا ضعيفا فاذا وضع وهو متوهج فى آنية مملوءة بالأكسجين اشتعل متأججا لامعا (صفحة ٧٠) وحصل أكسيد وهو غاز عديم اللون لايمكن أن تحترق فيه مادة قابلة للاحتراق وينشأ منه مع الماء محلول حامضى واذا رج معه ماء الجير استحال لبنى اللون ونجم جسم صلب أبيض والخاصة الأخيرة تذكرنا بفعل غاز الطباشير (صفحة ٩٦) وتشير الينا بأن هذا مطابق لأكسيد الكربون الذى يتحد معه أيضا فى بقية الخواص .

فلو كان الغازان سواء لوجب أن يكون الراسب الناتج من رج أكسيد الكربون مع ماء الجير هو والطباشير مادة واحدة وللبحث عن حقيقة هذا الأمر يجمع هذا الجسم الصلب فيرى أن الحوامض تفعل فيه فعلها فى الطباشير وأنه لا يؤثر فى عباد الشمس وأنه اذا سخن يفقد ٤٤ ٪ من وزنه (صفحة ٩٨) وهذا كله يدل على أنه طباشير مرسب فيجب أن يكون غاز الطباشير وأكسيد الكربون هذا غازا واحدا .

اختزال أكسيد الكربون — يخالف المغنسيوم أكثر المواد القابلة للاحتراق فيستمر محترقا فى أكسيد الكربون منتجا مسحوقا أبيض مشوبا برقطات من جسم أسود ومما نعلم من طبيعة المادتين الأصليتين يظهر أن هذين النتاجين هما أكسيد المغنسيوم

والكربون ولو أمكن جمع مقدار كاف من الرقطات السوداء لتيسر احراقها فى الا كسچين وبذا يتكوّن أكسيد الكربون وظاهر أن المغنسيوم يحترق فى غاز الطباشير منتجا هذه النتائج نفسها فالغاز الناتج من إذابة الرخام فى حامض قد انحل وظهر أن فعله كفعل أكسيد الكربون من جميع الوجوه أى أن المغنسيوم يحترق فى كل من هذين الغازين على نحو ما يأتى :

مغنسيوم + أكسيد الكربون = أكسيد المغنسيوم + كربونا

ويمكن الآن أن نضرب صفحا عن تسمية أكسيد الكربون باسم غاز الطباشير وأن نسميه باسمه الحقيق وهو ثانى أكسيد الكربون وسنأتى على سبب هذه التسمية بعد .

(٣٠) عنصر الكربون

ملحوظة : تحتاج التجارب الآتية الى أربعة مخابير مملوءة بالاكسچين .

تدريب ٦٩ — النيلنج .

(أ) افحص وصف النيلنج وقارنه بفحم الخشب وبيّن هل هو قابل للذوبان فى الماء أو الكحول أو زيت الزاج المخفف ؟ وهل يطفو على الماء ؟

(ب) ضع قطعة من الصينى فى لهب مصباح الزيت ولاحظ ما يتراكم عليها بعد بضع ثوانٍ ثم قارن هذه المادة بالنيلنج .

(ح) ضع شيئا من النيلنج فى ملعقة إحراق وسخنها تسخينا شديدا فى لهب ثم غطسها حالا فى إناء ملىء بالاكسچين . هل يحترق بسهولة كفحم الخشب ؟ قارن النتاج بنتاج فحم الخشب عند معاملته كذلك .

تدريب ٧٠ — الفحم الحيوانى والكوك والجرافيت .

(أ) عيّن فعل هذه المواد اذا اعتراها من الأحوال ما اعترى النيلنج ثم لاحظ نتائجها عند اتحادها بالأكسچين ملاحظة خاصة .

(ب) إغل محلول عباد الشمس المخفف مع قليل من الفحم الحيوانى ثم رشح السائل ولاحظ تغير اللون .

تدريب ٧١ — الماس — اشرح ما تعرفه عن خواص الماس واذكر أشهر خاصة لهذا الحجر الكريم .

الكربون عنصر — إذا أحرق فحم الخشب فى الأكسچين فالغاز المتكوّن يمتص جميعه عند رجه مع ماء الجير وإذا بقى غاز لم يمتص يمكن البرهنة على أنه أكسچين لا غير ومهما تنوع الاختبار فانه يدل على أن نتاج إحراق فحم الخشب فى الأكسچين غاز منفرد لا شىء معه إلا الرماد القليل المتخلف بعد الاحتراق ففحم الخشب إذن مادّة منفردة وليست مزيجا من المواد ولم يسبق قط أن جزئ الى مادتين مختلفتين وانما يتحول الى مادة أثقل منه وهذا إنما يكون باتحاده بشئ آخر فلا مراء فى أن المادة السوداء التى يتركب منها عنصر .

صور الكربون — يُحصل على مواد تشابه فحم الخشب بتسخين مواد نباتية وحيوانية غير الخشب بمعزل عن الهواء فالفحم الحيوانى يصنع من العظام هكذا ويحتوى على كثير من المواد الصلبة التى فيها وليس فيه من الكربون إلا جزء صغير والنيلنج يشابه فحم الخشب ويجهز بتعريض ألواح باردة للهب الزيت أو التربنتين ويحصل على نموذج منه بوضع قطعة من الصينى فى لهب مصباح الزيت ويستخدم فى صنع حبر المطابع واذا احترق الفحم الحيوانى أو النيلنج فى الأكسچين اتحدا به وكوّنا ثانى أكسيد الكربون فهما صورتان من صور عنصر الكربون والفحم الحيوانى يحترق تاركا مقدارا كبيرا فى المائة من الرماد غير المحترق والفحم الحجرى كربون غير نقى وقد تكوّن من بقايا الغابات القديمة وإذا سخن فى معوجات مقفلة كما فى مصانع الغاز خرجت منه غازات متنوّعة ويتخلف الكوك وهو كربون نقى تقريبا ويستعمل للوقود ويتراكم على جوانب المعوجات جسم صلب متين يعرف بفحم المعوجات وهو مثال آخر للكربون يكاد يكون نقيا .

خواص الكربون غير المتبلور — تختلف الخواص الطبيعية لصور الكربون هذه اختلافا بينا فكثافاتها بين ١٫٥ و ١٫٩ ولكنها سواء فى كونها غير متبلورة لا تذوب فى واحد من المذيبات المألوفة ولا تؤثر فيها الحوامض المخففة وليس لها خواص قلوية أو حامضية وما كان منها ذا مسام يمتص الغازات بسهولة فلو وضعت قطعة من فحم الخشب تحت مخبار فيه غاز النوشادر المتجمع فوق الزئبق عامت على سطح الزئبق وامتصت النوشادر عن آخره ولهذا يوضع منه مرشحات فى الأنابيب الخارج منها ماء البلاليع وللفحم الحيوانى خصية إزالة ألوان كثير من الصبغات النباتية فلو أغلى معه محلول عباد الشمس فان لونه يكاد يذهب جميعه ولهذا يستعمل الفحم الحيوانى

فى استخراج السكر الأبيض من الأسمر وكثير من صور الكربون غير المتبلور يوصل الكهرباء بسهولة ويستعمل فحم المعوجات فى بطرية بنزن وفى المصباح ذى القوس .

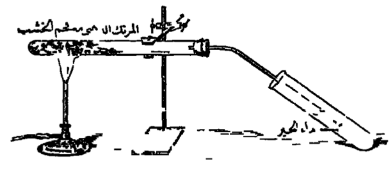
الكربون المتبلور — هناك نوعان آخران من الكربون يختلفان عما ذكر اختلافا عظيما ويوجدان نقيين تقريبا أحدهما الجرافيت وهو جسم صلب أشهب (كاون الفولاذ) لين دهنى الملمس كثافته تبلغ أحيانا ٢٫٦ يرى بالميكرسكوب على شكل بلورات صغيرة مسدّسة مستوية السطوح . والآخر هو الماس وهو أنقى أنواع الكربون مع أنه يختلف عن الأنواع الأخرى اختلافا تاما فى خواصه الطبيعية ويوجد على شكل بلورات ذات ثمانية أوجه شفافة عرفت بصلابتها وبريقها وكثافته ٣٫٥ ويحترق هو والجرافيت فى الأكسجين مكوّنين ثانى أكسيد الكربون مع قليل جدّا من الرماد دلالة على أنهما يتركبان من الكربون القريب من النقاوة التامة .

وبينما نرى أنواع الكربون العادية غير متبلورة نجد هذين النوعين الطبيعيين الجرافيت والماس متبلورين وكثافتاهما أعظم كثيرا من كثافة غيرهما من الأنواع وقد كوّنا بالصناعة إلا أن الماس الصناعى أصغر بكثير من الطبيعى وليس له من الجمال ما لهذا .

(٣١) خواص الكربون الكيميائية

تدريب ٧٢ — تسخين الكربون مع الأكاسيد .

(ا) اخلط شيئا من النارج (أكسيد الرصاص) بمسحوق فحم الخشب وسخن المخلوط فى أنبوبة زجاج متينة (شكل ٥١) وأمرّ الغاز الحاصل فى ماء الجير ولما ينقطع خروج الغاز اترك الأنبوبة تبرد ثم افحص ما فيها وحركه فى هاون مع قليل من الماء ثم كب الماء تاركا الجزء الصلب فى الهاون ومما تعرفه عن تركيب اللثارج قرر طبيعة الحبات الفلزية الناتجة .



(شكل ٥١) تأثير الحرارة فى مخلوط اللثارج وفحم الخشب

(ب) أعد التجربة مستعملا أكسيد النحاس بدل اللثارج . هل النتيجتان متشابهتان ؟

خواص الكربون الكيميائية — لا يتحد عنصر الكربون بأكسجين الهواء ولا بالأكسجين النقى إلا اذا سخن تسخينا شديدا ويتحد أيضا بسهولة بالاكسجين المتحد بمادة أخرى فعند تسخين أكاسيد الفلزات مع فحم الخشب يرى أنها تختزل وتبقى الفلزات ويتكون أكسيد الكربون .

فبهذه الطريقة يختزل الكربون أى أكسيد من أكسيدى الرصاص وهما اللثارج أو الرصاص الأحمر ويحولها الى الفلز فينتج

أكسيد الرصاص + كربون = رصاصا + ثانى أكسيد الكربون

ويحصل هذا الاختزال نفسه بتسخين الأكسيد على قطعة من فحم الخشب بلهب لبورى فالكربون عامل اختزال نافع يستعمل كثيرا للحصول على كثير من الفلزات من معادنها .

ويظهر أنه ليس للكربون على وجه الاجمال خواص كيميائية فعالة فهو متعادل لا يؤثر فى الحوامض المخففة ولا يتحد بسهولة بغيره من العناصر وان كان له كثير من المركبات المعروفة إلا أن اتحاد عناصر هذه المركبات لا يحصل فى العادة مباشرة .

أسئلة على الباب العاشر

(١) اشرح تجارب لبيان كون قطعة من فحم الخشب كربونا نقيا أو غير ذلك .

(٢) كيف تحصل من ثانى أكسيد الكربون على نموذج من عنصر الكربون ؟

(٣) اشرح تجارب تبين بها أن الغاز الناتج من فعل الحوامض فى الطباشير هو ثانى أكسيد الكربون .

(٤) ما أشهر الخواص الكيميائية لعنصر الكربون ؟ اشرح تجربة يستعمل فيها الكربون عامل اختزال .

(٥) إذا سكب حامض الكلوردريك المخفف على الرخام خرج غاز لا يرى يطفئ شمعة رفيعة موقدة ، ما التجارب التى تستخدم لمعرفة كون هذا الغاز يطابق أو لا يطابق الغاز المتخلف من هواء إناء مقفل احترق فيه الفسفور ؟

(٦) صف أنواع الكربون المألوفة وبيّن كيف علمت أن الماس يتركب على الخصوص من الكربون ؟

(٧) اشرح ما تراه عند تسخين قطعة من الخشب تسخينا بطيئا فى أنبوبة اختبار ثم اذكر ما الذى يبقى فيها فى النهاية (ا) اذا حجب عنها الهواء (ب) اذا أدخل فيها تيار منه .

(٨) إذا قيل لك أن مسحوقا أسود يتركب من الكربون فما التجارب التى تجريها لبيان ذلك ؟

(٩) اشرح بالايضاح الأدلة العملية التى تحكم بها أن الرخام جسم مركب وأن الأكسجين عنصر .

(١٠) كيف تصنع فحم الخشب من الخشب ؟ اذكر خواص هذا الفحم .

(١١) اشرح أنواع الكربون الطبيعية الثلاثة . وبيّن كيف تبرهن أن الكربون داخل فى تركيب الرخام ؟

(١٢) اشرح طرق جمع غاز : (ا) بازاحة الماء . (ب) بازاحة الهواء الى أعلى . (حـ) بازاحة الهواء الى أسفل ثم اذكر أيها يمكن استعماله لجمع الأيدروجين وثانى أكسيد الكربون والأزوت .

(١٣) اشرح بالدقة تجربة تبين بها أن الماس وقطعة من الرصاص الأسود (الجرافيت) يتركبان من مادة واحدة .

(١٤) اكتب الخواص الشهيرة لفحم الخشب والجرافيت والماس فى جدول مقارنا بعضها ببعض .

تمارين عملية

(١) استنبط من إحراق الفحم الحيوانى فى الأكسجين مقدار الكربون الذى فيه فى المائة .

(٢) هل تسخين أكسيد الحديد مع فحم الخشب يحدث اختزالا ؟

(٣) اعمل تجربة تبرهن بها أن فحم المعوجات يكاد يتركب من عنصر الكربون فقط .

الباب الحادى عشر — أكاسيد الكربون

(٣٢) ثانى أكسيد الكربون (غاز الطباشير)

تدريب ٧٣ — ثانى أكسيد الكربون فى الطبيعة .

(ا) عرّض ماء الجير للهواء فى حوض بضع ساعات ولاحظ ما يتكوّن على سطحه وكذا عرّض قليلا من الجير المطفأ حديثا بضع ساعات أيضا ثم صب على شىء منه قليلا من حامض مخفف وقرر نوع الغاز الحاصل .

(ب) انفخ بفمك فى ماء الجير بضع دقائق ثم أمرّ بالمنفاخ الهواء الجوى فى ماء الجير بضع دقائق أيضا وقارن بين النتيجتين وبيّن هل إمرار هواء التنفس فى الماء يجعله حامضيا بعض الشىء .

تدريب ٧٤ — المياه الغازية — افتح قنينة بها ماء غازى واجمع بعض الغاز الخارج منها فى مخبار ثم افحصه مستعملا شمعة رفيعة موقدة ومحلول عباد الشمس وماء الجير وبذلك بيّن طبيعة هذا الغاز .

تدريب ٧٥ — الملاط — خذ قطعا من ملاط قديم أو من الجصّ وصب عليها حامضا مخففا ولاحظ ما يحدث ثم بيّن نوع المادة المتكوّنة واستنبط مما تعرفه عن تركيب الملاط ما يمكن أن يحصل لمركباته إذا عرّضت للجو .

تجهيز ثانى أكسيد الكربون — لا يُحضّل هذا الغاز فى العادة بأحراق الكربون فى الأكسجين بل بفعل الحوامض فى الرخام .

ويحسن استعمال الجهاز المبين (بشكل ٥٢) إذا احتيج الى مقدار منه فيوضع الرخام فوق طبقة من الحصى أو الأكرالزجاجية فى الماص ا ويوضع الحامض فى الماص ب



(شكل ٥٢) تجهيز كية كبيرة من ثانى أكسيد الكربون

حتى إذا احتيج للغاز رفع هذا وهكذا حتى يؤخذ من الغاز ما يراد فيرفع الماص الذى فيه الرخام ليترح منه الحامض .

خواص ثانى أكسيد الكربون الطبيعية — هذا الغاز كثيف (وزن اللتر منه ١,٩٨ من الجرامات) حتى يجمع بازاحته الى أسفل (فيزاح الهواء الى أعلى) وهو شفاف عديم اللون لا رائحة له ولكنه ذو مذاق حامضى يذوب بسهولة فى الماء ولو كان ذلك تحت الضغط الجوى المعتاد ولكن إذا زاد الضغط يذوب منه مقدار وافر جدّا . ويوجد فى ماء الصودا وفى غيره من المياه الغازية فيمزج بها تحت ضغط يعادل ثلاثة أمثال الضغط الجوى ويخرج بمجرد فتح السداد ولكن ليس عن آخره إلا باغلاء السائل .

خواص ثانى أكسيد الكربون الكيميائية — لا يحترق فى هذا الغاز من المواد المألوفة القابلة للاحتراق سوى المغنسيوم ولذا نفع (الغاز) فى الآلات المطفئة للنار التى تشحن بمقادير وافرة منه أو من المواد المولدة له .

وليس هذا الغاز سامّا ولكن الحيوانات (والانسان فى جملتها) تموت فيه والسبب الوحيد فى ذلك الاختناق الناتج من عدم وجود الأكسجين .

ولكثافته العظيمة يتجمع فى الآبار المهجورة وفى دنان الجعة وقد كان ذلك سببا فى كثير من حوادث الموت ومنعا للخطر يفحص المكان قبل النزول اليه بإدلاء شمعة موقدة وإذا احترقت الشمعة مضيئة فلا خطر وهو يحتوى على حامض غير قوى معروف بحامض الكربونيك ولذلك يحوّل لون عباد الشمس الأزرق الى لون نبيذى ويمتص ماء الجير ومحلول الصودا الكاوية ولما كان ثانى أكسيد الكربون هو الوحيد بين الغازات المألوفة فى أن يصير ماء الجير لبنى اللون (بمعنى أن يكون راسبا من الطباشير) كان هذا دليلا على وجوده .

أملاح حامض الكربونيك — يتكوّن عند إذابة ثانى أكسيد الكربون فى الماء حامض غير قوى يسمى "حامض الكربونيك" .

ثانى أكسيد الكربون + أكسيد الأيدروجين = حامض الكربونيك

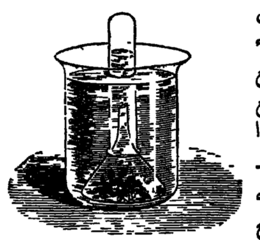
ويحتوى ماء الجير على ادركسيد الكلسيوم (الجير المطفأ) وهو قلوى وعند خلط ماء الجير بمحلول حامض الكربونيك ينتج الطباشير وهو مادة متعادلة وظاهر أن هذه عملية

تعادل فالطباشير من أملاح حامض الكربونيك وتسمى هذه الأملاح بالكربوناتات ولما كان الطباشير يحتوى على عنصر الكلسيوم سمى "بكربونات الكلسيوم" ومن أملاح هذا الحامض أيضا المغنسيت ويعرف بكربونات المغنسيوم ويحصل مثل هذا التعادل عند ما يمتص ثانى أكسيد الكربون بالقلوى الصودا الكاوية فيتكوّن كربونات أيضا .

وجود ثانى أكسيد الكربون فى الجو — فى الهواء كمية صغيرة من ثانى أكسيد الكربون بنسبة ٣ فى كل ١٠٠٠٠ جزء تقريبا من حيث الحجم وهذه الحقيقة ظاهرة من وجود هذا الغاز فى زفير الحيوانات فالهواء الذى يخرج من رئتى الانسان مثلا ويمّر فى ماء الجير يصيّره لبنى اللون فى الحال هذا الى أنّ المواد المحتوية على الكربون كالخشب والفحم وغير ذلك كثيرا ما تحترق فى الهواء فتزيد فى كمية ثانى أكسيد الكربون فى الجوّ أضف الى ذلك ما يتكوّن من أنواع العفونة .

ويستدل على وجوده بغشاء أبيض رقيق يظهر على سطح ماء الجير المعرّض للجوّ بضع ساعات . ويكون ذائبا فى جميع المياه الطبيعية والى هذا يرجع معظم السبب فى مذاقها الخاص الذى يضيع باغلائها إذ تقل هذه الغازات ويصير الماء تفها ويمتص الملاط والسمنت المصنوعين فى الأصل من الجير هذا الغاز من الهواء فتحدث مادّة كالطباشير أو الحجر الجيرى ولا شك أن جمود الملاط يرجع بعض سببه لتكوّن هذه المادّة المتينة .

تأثير النباتات فى ثانى أكسيد الكربون — يوضع عشب مائى غض فى كوب فيه ماء متشبع بهذا الغاز (شكل ٥٣) ويغطى بقمع قد نكست عليه أنبوبة اختبار مملوءة بالماء فإذا ترك فى الظلام لا يرى تغير ولكن إذا وضع فى ضوء الشمس الساطع ظهر على الأوراق فقاقيع غازية تجمع بالتدريج فى الأنبوبة فإذا فحص هذا الغاز يرى أنه أكسچين انفصل عن أكسيد الكربون تاركا الكربون فى العشب وتجرى هذه العملية أينما يكون النبات الأخضر وهذا يوضح سبب عدم تراكم ثانى أكسيد الكربون فى الجوّ مع أنه فى تكوّن دائما .



(شكل ٥٣) تأثير الأعشاب فى ثانى أكسيد الكربون المذاب فى الماء

إذابة الطباشير فى المياه الطبيعية — إذا أمر ثانى أكسيد الكربون فى ماء الجير فأول نتيجة هى تكون راسب طباشير واذا استمر مروره أخذ الراسب يذوب (تدريب ٦٣ أ) فيظهر أن الطباشير الذى يكاد يكون غير قابل للذوبان فى الماء يذوب فى الماء المحتوى على ثانى أكسيد الكربون وفى مياه الينابيع والأنهار شئ من هذا الغاز الآتى من الجو فهى تذيب الطباشير والحجر الجيرى فمياه ينابيع الجهات التى فيها هذه الصخور تحتوى على مقادير كبيرة من كربونات الكلسيوم المذابة ويوصف هذا الماء بالثقل لتكوينه مع الصابون راسبا متجبنا ولا تظهر له رغوة إلا بعد أن يرسب من الصابون جميع الكلسيوم ولذلك كان هذا الماء غير لذيذ الطعم ولا يصلح للغسل إلا بعد إزالة الطباشير منه .

وعند إغلاء الماء المحتوى على الطباشير المذاب يخرج منه ثانى أكسيد الكربون ويرسب الطباشير أى أن الماء الثقيل يخف بالاغلاء ولكن اذا احتوى على أملاح أخرى ذائبة لا تنجح فى تخفيفه هذه الطريقة .

ولقد تخترق مياه الأنهار والمجارى طبقات من الطباشير وحجر الجير وكثيرا ماتجرى المياه فى كهوف تحت الأرض فى الجهات التى تكون فيها القشرة الأرضية من هذه الصخور ومن الكهوف المشهورة التى تكونت على هذا النحو الكهف المبين بالصورة (شكل ٥٤).

وكلما بخرت المياه المذاب فيها الطباشير ركد هذا على هيئة قشرة وفى الكهوف الموجودة فى حجر الجير يقطر الماء من السقف مكوّنا أعمدة من كربونات كلسيوم تنمو على الأرض نموّا متواصلا مادام القطر وتسمى "استلجميتات" (شكل ٥٤) ومن القطرات ما يبخر معلقا بالسقف فيكوّن طبقات من كربونات الكلسيوم فى عدّة مواضع وهى تنمو محدثة (استلكتيتات) وهى علاقات جميلة متنوّعة الأشكال ولو قطر هذا الماء على مواد معرّضة له لتكوّن حولها قشرة من كربونات الكلسيوم وتسمى هذه المواد "متحجرة".



(شكل ٥٤) استلكتيتات واستلجميتات فى كهف كلابم بيوركشير

(٣٣) أكسيد كربون آخر

تدريب ٧٦ — تأثير عوامل الاختزال فى ثانى أكسيد الكربون .

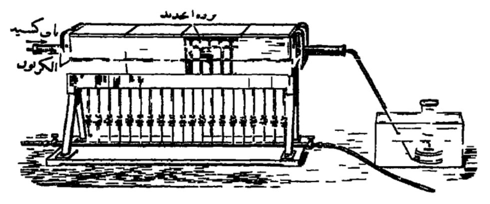
(أ) خذ أنبوبة من الزجاج المتين أو من الحديد طولها نحو ٦٠ سـ م واحشها ببرادة الحديد واجعل الجهاز بحيث يمر فيها تيار بطىء من ثانى أكسيد الكربون ويجمع فوق المـاء ما يخرج من الغاز فى أنابيب اختبار ويجب تسخين البرادة تسخينا بالغا ما يمكن من الشدّة فيستعمل لذلك فرن (شكل ٥٥) إن أمكن .

(ب) استعمل ماء الجير فى فحص ما يخرج من الغاز ولإزالة ما يمكن أن يكون قد بقى من ثانى أكسـيد الكربون نكس الأنابيب بعـد ملئها فى وعاء يحتوى على محلول الصودا الكاوية بعد سـدّ فوهاتها بالابهـام . هل الصودا تمتص الغـاز عن آخره ؟

(حـ) قرب شمعة رفيعـة موقدة من فوهـة إحدى الأنابيب التى نكست فى محـلول الصودا ولاحظ ما يحدث للغاز الباقى بعد أن امتص ثانى أكسيد الكربون .

(ى) نكس أنبوبة من أنابيب الغاز الخالى من ثانى أكسـيد الكربون فى ماء الجـير فإذا لم يتحوّل لونه لبنيا فأشعل غاز الأنبوبة وبعـد الاحتراق رج ما فيها مع ماء الجير وبيّن بذلك نوع الغاز الناشئ من احتراق الغاز القابل للالتهاب .

الغاز الحاصل باختزال ثانى أكسيد الكربون — يختزل ثانى أكسيد الكربون كغيره من الأكاسـيد فينتج عنـد إحراق المغنسيوم فيه كربون وأكسـيد المغنسـيوم ولكن إذا وضع بدل المغنسـيوم غيره من الفلزات اختلفت النتيجة فلو أمر ثانى أكسـيد الكربون على برادة الحديد المسخنة فى أنبوبة (شـكل ٥٥) فمحلول الصودا الكاوية لا يمتص إلا جزءا من الغاز الخارج فإذا أشعل الغاز الباقى احترق بلهب أزرق



(شكل ٥٥) امرار ثانى أكسيد الكربون على برادة الحديد المسخنة

مع أنه لايختلف عن الأصل فى مظهره فلا يمكن أن يكون ثانى أكسيد الكربون ولكن اذا خُلّص من ثانى أكسيد الكربون تماما ثم أحرق كان النتاج ثانى أكسيد الكربون ويمكن أيضا تجهيزهذا الغاز بأمرار ثانى أكسيد الكربون على الكربون المسخن الى درجة الاحمرار ومن حيث انه لا يوجد فى هذه الحالة غيرعنصرى الأكسجين والكربون فالنتيجة الواحدة الممكنة هى أنهذا الغاز أكسيد كربون آخر حدث بنزع جزء من أكسجين ثانى أكسيد الكربون ويعرف هذا الغاز بأول أكسيد الكربون ويجهز عادة بتسخين حامض الأكساليك (جسم صلب) مع حامض الكبريتيك المركز فيمتص هذا الماء امتصاصا شديدا وينزع عنصريه الأيدروچين والأكسجين من حامض الأكساليك .

(٣٤) أول أكسيد الكربون

ملحوظة : يجب إجراء تجارب أول أكسيد الكربون فى خزانة البخار لأن هذا الغاز سام .

تدريب ٧٧ — تجهيز أول أكسيد الكربون .

(ا) ضع ٢٥ جراما من حامض الأكساليك فى دورق واغمرها بحامض الكبريتيك المركز ثم أعد ما يلزم لجمع الغاز كما هو مبين بعد بتجربة (حـ) .

(ب) سخن المخلوط المكوّن من حامضى الكبريتيك والأكساليك فإذا أخذ يُزْبد فأبعد اللهب واملأ أربع أنابيب اختبار بطريق الازاحة السفلية ثم رج مافى إحدى الأنابيب بماء الجير ونكس الأخرى فى محلول الصودا الكاوية وبيّن نوع الغاز المختلط بأول أكسيد الكربون وكذلك مقدار ما فى المخلوط منه .

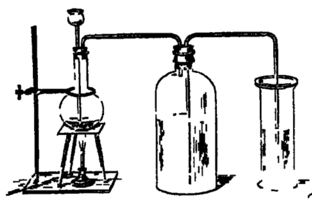
(حـ) اجمع ما بقى من الغاز بأزاحة ماء قنينة كبيرة ذات أنبوبتين من الزجاج (شكل٥٦) فبعد أن يتم ملؤها ضع طرف الأنبوبة الطويلة فى مخبار ماء واقفل الأخرى بمحبس ثم ضع فى القنينة قطعة من الصودا الكاوية وأعد السداد الى موضعه بلا ابطاء ورجها ليتماس الغاز ومحلول الصودا الكاوية ولا تزال كذلك حتى ينقطع جذب الماء الى القنينة . وضح سبب هذه العناية فى العمل .

تدريب ٧٨ — خواص أول أكسيد الكربون .

(ا) خذ دورقا معلوم الوزن معدّا كما فى (شكل ٢٢) واملأه بأول أكسيد الكربون النقى ولتحقيق أن جميع الهواء قد خرج من الدورق افحص الغاز الخارج منه كما فعلت فى الأيدروچين تدريب ٥٤ (ب) ثم عيّن كثافته .

(ب) هل لهذا الغاز تأثير فى عباد الشمس ؟
(حـ) هل يساعد أول أكسيد الكربون على احتراق مواد مختلفة كشمعة رفيعة وشريط من المغنسيوم وقطعة من الفسفور ؟

خواص أوّل أكسيد الكربون — يتركب الغاز الناشئ من تسخين حامض الأكساليك مع حامض الكبريتيك (شكل ٥٦) من حجمين متساويين من أول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكربون ولذلك يجب إزالة الثانى برج المخلوط مع محلول الصودا الكاوية حتى يمتصه عن آخره تدريب ٧٧ (حـ) وأوّل أكسيد الكربون غاز عديم اللون شفاف لا رائحة له وكثافته أقل بكثير من كثافة ثانى أكسيد الكربون ولا يذوب فى الماء إلا قليلا جدّا ويحترق بلهب أزرق متحدا بالأكسجين ليكوّن ثانى أكسيد لكربون .


(شكل ٥٦) ملء قنينة بأول أكسيد الكربون

ويدل عليه اللهب الأزرق الذى نراه على نار الفحم المتوهج ، وفى قعر الموقد حيث يكثر الأكسجين يحترق الكربون مكوّنا ثانى أكسيد الكربون الذى يختزل الى أوّل أكسيد الكربون بمروره على الكربون المتوهج فى وسط النار وبذا يحترق عند وصوله الى السطح بلهبه المميز له متحدا بالأكسجين ومكوّنا ثانى أكسيد الكربون .

وهذا الغاز سام جدّا يتكوّن دائما عند إحراق فحم الخشب فى الموقد أو الكانون المفتوح وكثيرا ما كان تنفس دخان أمثال هذه الكوانين سببا فى الموت .

وإذا أمر أوّل أكسيد الكربون فى أنبوبة فيها أكسيد الرصاص المسخن تحوّل الى ثانى أكسيد الكربون ويختزل الأكسيد الى رصاص .

أوّل أكسيد الكربون + أكسيد الرصاص = رصاصا + ثانى أكسيد الكربون .

وإذا استعملت أكاسيد فلزات أخرى مكان أكسيد الرصاص حصل ما يماثل ذلك فأوّل أكسيد الكربون من أنفع عوامل الاختزال .

الغاز المائى — إذا أمر البخار على فحم الكوك المسخن تسخينا شديدا اختزل الى أيدروچين وتحوّل الكوك الى أوّل أكسيد الكربون .

كربون + أكسيد الأيدروچين = أول أكسيد الكربون + أيدروچينا

ويعرف مخلوط أوّل أكسيد الكربون والأيدروچين الحاصل على هذا النمط بالغاز المائى ويصنع منه مقادير وافرة ويستعمل للتسخين فى الولايات المتحدة وكذا فى انجلترا ولكن ليس الى هذا الحدّ ويستعمل أيضا للاستصباح اذا مزج بأبخرة أشدّ منه إضاءة عند الاحتراق .

أسئلة على الباب الحادى عشر

(١) تحتوى أوانٍ على الأزوت وعلى ثانى أكسيد الكربون ما التجارب التى بها يميز أحدهما عن الآخر ؟

(٢) اشرح تجربة فيها أوّل أكسيد الكربون عامل اختزال ووضح التغيرات الحادثة .

(٣) اكتب كلمة موجزة فى علاقة ثانى أكسيد الكربون بحياة الحيوان والنبات .

(٤) كيف تحصل على أوّل أكسيد الكربون نقيا على قدر المستطاع ؟ وإذا احترق هذا الغاز النقى فما النتاج الحاصل ؟

(٥) قارن بين خواص أكسيدى الكربون وميّز فعل كل عن الآخر عند ملامستهما (أ) للماء (ب) لمحلول الصودا الكاوية .

(٦) ما نسبة ثانى أكسيد الكربون الذى فى الجوّ ؟ اشرح الأسباب الفعالة فى منع زيادة هذه النسبة واذكر من أى المصادر يصعد ثانى أكسيد الكربون الى الجوّ .

(٧) إذا استنشق الهواء مارّا باناء فيه ماء الجير ونفخ منه بعدئذ فى اناء آخر فيه كذلك ماء الجير فما التغير الذى تراه فى محتويات الاناءين ؟ وكيف تعلله ؟

(٨) كيف تبرهن أن ثانى أكسيد الكربون يحتوى على الأكسجين بنسبة أعظم منها فى أوّل أكسيد الكربون ؟

(٩) إذا أمرّ ثانى أكسيد الكربون إمرارا متواصلا فى ماء الجير فاشرح التغيرات الناتجة واحدا بعد الآخر ووضحها ثم اذكر مايحدث اذا عرّض السائل المحتوى على كثير من هذا الغاز للهواء .

(١٠) إذا كان الماء المقطر لايذيب كثيرا من الرخام مع أن الطباشير يوجد ذائبا فى مياه الأنهار والينابيع فكيف تعلل ذلك ؟

تمارين عملية

(١) عيّن فى المائة مقدار ثانى أكسيد الكربون الذى فى الهواء الذائب فى ماء الحنفية .

(٢) سخن مخلوطا مكوّنا من مقدارين متساويين من أكسيد الخارصين الجاف وفحم الخشب فى أنبوبة زجاج متينة واجمع الغاز الحاصل ثم اجر تجارب تعين بها طبيعة مخلوط الغازات المحصّلة بهذه الطريقة وتركيبه .

(٣) هل يمكن اختزال اللثارج بتسخينه فى تيار من غاز الاستصباح ؟

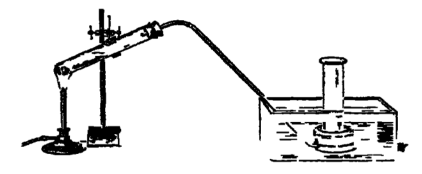
الباب الثانى عشر — مركبات الكربون مع الأيدروچين

(٣٥) غاز المستنقعات والبرافينات

تدريب ٧٩ — تجهيز غاز المستنقعات — سخن ٢٥ جراما من خلات الصوديوم فى فرن تجفيف وهو الملح الناشئ من تعادل حامض الخليك بالصودا الكاوية وبعد أن يتحوّل الجسم الصلب الى مسحوق أبيض غير متبلور اخلطه بمائة جرام من جير الصودا الجاف (مخلوط الصودا الكاوية والجير الحىّ) ثم املأ أنبوبة متينة من الزجاج الى ثلاثة أرباعها من المخلوط وثبت فيها أنبوبة وصل كما فى (شكل ٥٧) وسخن المخلوط واجمع الغاز المتكوّن فوق الماء واحذر أن تجمع قطرات الماء أثناء التسخين وتسيل على جوانب الأنبوبة الساخنة فتكسرها واملأ من هذا الغاز أنابيب ثم قنينة مجهزة كما فى تدريب ٧٧ (حـ) .

تدريب ٨٠ — فحص غاز المستنقعات .

(ا) هل لغاز المستنقات تأثير فى عباد الشمس أو ماء الجير ؟ وهل محلول البوتاسا الكاوية يمتص هذا الغاز ؟



(شكل ٥٧) تجهيز غاز المستنقعات

(ب) قرّب لهبا من فوهة أنبوبة مملوءة بغاز المستنقعات. هل هو قابل للالتهاب؟ وهل الغاز الباقى بعد الاحتراق يؤثر فى ماء الجير؟ اذكر من ذلك حقيقة الحاصل من احتراق غاز المستنقعات .

(حـ) صل بالقنينة التى ملأتها بالغاز فوارة كالمستعملة بتدريب (٥٤) ثم أوقدها بالعناية والاحتياط كما عملت فى تدريب ٥٤ (ب) وضع اللهب تحت معوجة مبردة ثم اجمع وحقق طبيعة النتاج السائل الحاصل من الأحتراق .

تدريب ٨١ — خواص البرافين .

(ا) افحص زيت البرافين واشرحه وبيّن كيف يختلف عن الماء فى قوة إذابته (١) للملح و (٢) للدهن ؟

(ب) أشعل قطرات من البرافين فى وعاء بعد ابعاد مستودع السائل .

(حـ) افحص شمع البرافين وقارنه بزيت البرافين ثم سخن مقدارا يسيرا من هذا الشمع فى أنبوبة ولاحظ مايحدث وكذا أوقد قطعة صغيرة منه ولاحظ كيف تحترق بسهولة ؟

غاز المستنقعات أو الميثان — فى قعر البرك الراكدة التى فيها أوراق أشجار ومواد أخرى نباتية عفنة تتجمع فقاقيع غازية وترتفع الى السطح خصوصا اذا تحرك الماء وهذه الفقاقيع تحتوى على غاز عديم اللون قابل للالتهاب يعرف من قديم الزمان "بغاز المستنقعات" وهو مطابق تمام المطابقة للغاز الذى يتجمع فى مناجم الفحم ويعرفه عمال المناجم باسم "البخار النارى" (Fire damp) واذا مزج بالهواء كوّن مخلوطا مفرقعا شديدا ويسمى هذا الغاز "بالميثان" .

وقد كان هذا الغاز سببا فى كثير من حوادث الانفجار المحزنة فى مناجم الفحم وهو يخرج من أراضى الجهات التى فيها ينابيع البترول كما فى باكو وولاية بنسلفانيا بالولايات المتحدة .

تجهيز غاز المستنقعات أو الميثان — يمكن تجهيز هذا الغاز من خلات الصوديوم (الملح البلورى الناتج من تعادل حامض الخليك مع الصودا الكاوية) فيسخن هذا الملح تسخينا يسيرا لتخليصه من ماء التبلور ثم يُمزج بالصودا الجيرية (مخلوط الصودا الكاوية والجير) ويسخن فى أنبوبة زجاج متينة (شكل ٥٧) فيخرج غاز المستنقعات وهو يكاد يكون غير قابل للذوبان فى الماء ولذلك يمكن جمعه فوقه .

خواص غاز المستنقعات — كثافته تساوى ٠,٧٢ وهو لا يؤثر فى عباد الشمس ولا فى ماء الجير ولا تمتصه الصودا الكاوية ويحترق بسهولة فى الهواء واذا أشعل بعد مزجه بالهواء بنسبة معينة فانه يفرقع واذا احترق فى أنبوبة ورج الغاز المتخلف بماء الجير نجد أن ثانى أكسيد الكربون هو أحد نتاجى الأحتراق والنتاج الآخر هو بخار لا غير يتكاثف على أى سطح بارد ويمكن جمع الغاز فى قنينة مجهزة كما فى (شكل ٥٦) وإخراجه منها متى أريد وإحراقه من فوارة حيث يرى أن لهبه مضىء قليلا واذا وضع فوق هذا اللهب معوجة مبردة بتيار الماء (تدريب ٨٠ حـ شكل ٤١) أمكن تكثيف النتاج السائل وجمعه ويستدل من خصياته الطبيعية الثابتة أنه ماء .

فعند الاحتراق يتحد غاز المستنقعات بالأكسجين ويكوّن ثانى أكسيد الكربون والماء دلالة على أن عنصرى الكربون والأيدروچين داخلان فى تركيبه وهذه الحقائق لا يستدل منها على عدم وجود الأكسجين بل هناك طرق أخرى لاثبات ذلك .

ولما كان هذا الغاز يتركب من الكربون والأيدروچين عرف بالأدروكربون ويرى عند فرقعة غاز المستنقعات أنه يتحد بضعف حجمه من الأكسجين أى يستعمل أكسجين كمية من الهواء حجمها عشرة أمثال حجمه مكوّنا الغاز المسمى "بالبخار الخانق" (After Damp) الذى يحدث بعد الانفجار فى مناجم الفحم وهو يتكوّن من الهواء المسلوب أكسجينه الممتزج بثانى أكسيد الكربون الحادث من الفرقعة وهذا الهواء أشدّ خطرا على العمال من الانفجار نفسه لعدم وجود الأكسجين الضرورى للتنفس .

البرافينات — لكثير من أنواع الادروكربونات الطبيعية خواص كيميائية تشابه خواص غاز المستنقعات مشابهة عظيمة ولكن يختلف بعضها عن بعض فى الخواص الطبيعية فتوجد فى الأبخرة والسوائل التى تخرج من ينابيع البترول فى كثير من الجهات فبعضها غازات وبعضها سوائل وبعضها أجسام صلبة ويحتوى البترول أو زيت البرافين على جملة ادروكربونات وتختلف درجات حرارة غليانها ولذا ينقسم زيت البرافين الطبيعى الى أجزاء متنوّعة بالتقطير الجزئى فبترول الحريق يحتوى على برافينات درجة حرارة غليانها بين ١٥٠° و ٣٠٠° مئوية وتعزل عنه البرافينات التى درجة حرارة غليانها أخفض لأنها ربما تحدث انفجارا .

أما الفاسلين فيتركب من مخلوط برافينات سائلة بعض الشئ ويستعمل شمع البرافين الذى يتركب من برافينات صلبة تنصهر بين ٤٦° و ٦٥° مئوية فى صناعة الشمع وتشابه جميع البرافينات غاز المستنقعات فى كونها تتركب من عنصرى الأيدروچين والكربون فقط وفى كونها لاتتأثر بفعل المؤثرات القوية كالحوامض المركزة والقلويات وكلها تكوّن ثانى أكسيد الكربون والماء اذا احترقت .

(٣٦) الأثلين والأستلين

الأثلين — إذا سخن مخلوط من الكحول وستة أمثال حجمه من حامض الكبريتيك حدث غاز عديم اللون يمكن جمعه فوق الماء ويحترق بسهولة فى الهواء بلهب منير منتجا ثانى أكسيد الكربون وماء ويحتوى على أيدروجين وكربون فقط فهو إذن ادروكربون ويختلف عن الميثان وغيره من البرافينات فى سهولة اتحاده بالمواد الأخرى ويمتصه حامض الكبريتيك المركز امتصاصا بطيئا واذا كان مع البلاتين المجزء تجزيئا دقيقا اتحد بالأيدروچين محدثا برافينا يشابه الميثان من وجوه عديدة ويميز الأثلين عن الميثان بعظم كثافته (١٫٢٦ بدلا من ٠٫٧٢ فى الميثان) وبلهبه المنير .

الأستلين — اذا احترق غاز الاستصباح فى تيار غير كاف من الهواء أو الأكسجين حدث غاز ذو رائحة كريهة واذا أشعل مصباح بنزن فاحترق الغاز من الداخل كان الأستلين أحد أنتجة الاحتراق وهو غاز عديم اللون سامّ جدّا يحترق بلهب غاية فى الانارة ولذا يستعمل فى الاستصباح ولكونه عرضة للفرقعة لايدخر منه مقادير كبيرة وانما يجهز عند الحاجة اليه ويحصل عليه عادة بفعل الماء فى كربونور الكلسيوم (الجسم المركب الحادث من تسخين مخلوط الجير والكربون فى فرن كهربائى) .

والأستلين أدروكربون يشابه الأثلين فى قابلية اتحاده مباشرة بغيره من المواد ولكنه يختلف عنه فى تكوين مركب أحمر يدخل فيه النحاس مكان الأيدروجين وسيبحث فى تركيب ثلاثة الأدروكربونات وهى الميثان والأثلين والأستلين .

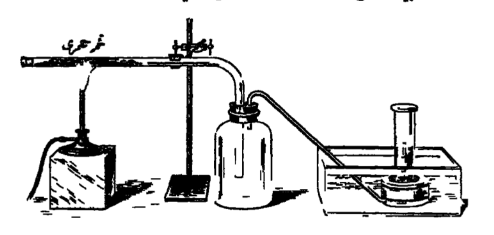
(٣٧) غاز الاستصباح

تدريب ٨٢ — تأثير الحرارة فى الفحم .

(ا) افحص قطعة من الفحم ثم اسحقها فى هاون . هل يقبل الفحم الذوبان فى الماء ؟ وهل هو أعظم كثافة منه أو أقل ؟

(ب) ضع قطعة فحم صغيرة على ملعقة حديدية وسخنها فى لهب مصباح بنزن ثم أبعدها عنه ، هل تحترق بسهولة ؟ أدخلها فى مخبار غاز ولاحظ الغاز الناتج وبيّن طبيعته ، هل هناك علامات تدل على تكوّن نتاج غيره ؟

(حـ) سخن مسحوق الفحم فى أنبوبة زجاج متينة واصلة الى قنينة صغيرة بها أنبوبة وصل (شكل ٥٨) واملأ خمس أنابيب من الغاز الحاصل بجمعه فوق الماء ولاحظ طبيعة المواد المختلفة المتجمعة فى القنينة .



(شكل ٥٨) تحضير عار الاستصباح

تدريب ٨٣ — خواص غاز الاستصباح .

(ا) لاحظ رائحته وتأثيره فى عباد الشمس ثم أدخل شمعة رفيعة موقدة فى أنبوبة مملوءة به . هل يساعد على الاحتراق ؟ ما مظهر الغاز المشتعل ؟

(ب) اترك إحدى الأنابيب المملوءة بالغاز مفتوحة الفوهة الى فوق برهة ثم ادخل فيها شمعة رفيعة موقدة وأعد هذه التجربة بعد تنكيس فوهة أنبوبة أخرى مملوءة بالغاز مدّة كالسابقة ومن ذلك بيّن هل عار الاستصباح أخف من الهواء ؟

(حـ) رج أنبوبة مملوءة بالغاز مع ماء الجير وسدّ فوهة أخرى بالابهام ثم نكسها فى محلول الصودا الكاوية . هل فى هذا الغاز ثانى أكسيد الكربون ؟ فاذا كان كذلك فبأى نسبة ؟ وبعد رفع الأنبوبة من محلول الصودا أشعل مافيها من الغاز ثم رج ماء الجير مع النتاج وبيّن من ذلك نوع الغاز المتكوّن أثناء الاحتراق .

(د) هل غاز الاستصباح فى المعمل يؤثر فى ورق عباد الشمس المندى ؟ وهل يحتوى على ثانى أكسيد الكربون ؟

(هـ) ركب فوّارة من الزجاج على أنبوبة الغاز وأوقدها ثم أدخلها فى مخبار . هل يتكوّن ثانى أكسيد الكربون من هذا الاحتراق ؟

(و) اجمع السائل الناتج من احتراق غاز الاستصباح ويكفى أن تضع معوجة على لهب مصباح بنزن تبرد كما هو مبين بتدريب ٥٤ ى (شكل ٤١) ثم حقق طبيعة السائل .

تجهيز غاز الاستصباح — إذا سخن الفحم فى أنبوبة زجاج متينة فى معزل عن الهواء تكون غاز قابل للالتهاب يمكن جمعه فوق الماء وليس هذا هو النتاج الوحيد لأنا إذا وصلنا أنبوبة وصل بقابلة مبردة حصل سائل أسمر مثل القطران ويبقى فى اناء التسخين جسم صلب متين أشهب هو الكوك وهذا الغاز يصير الماء قلويا مع أنه يكاد يكون غير قابل للذوبان فيه وذلك لاحتوائه على غاز النوشادر القابل للذوبان فى الماء فبذا يتكوّن محلول قلوى .

أضف الى ذلك أن فى هذا الغاز كمية من ثانى أكسيد الكربون يستدل عليها برجه مع ماء الجير ويصنع غاز الاستصباح بتسخين الفحم الى درجة الاحمرار فى معوجة مقفلة من الفخار فتخرج منها الأبخرة المتطايرة ويبقى الكوك وقبل توزيع هذا الغاز للاستعمال ينقى من قطران الفحم وثانى أكسيد الكربون وغير ذلك من المواد الغازية الغريبة بطرق مبينة بعد وظاهر أن وجود هذا الغاز والمواد القطرانية المتطايرة فى الفحم هو سبب صعود الدخان منه عند احتراقه ولذلك ترى الكوك الباقى يحترق كما يحترق الكربون بعد جهد كبير بدون لهب .

تركيب غاز الاستصباح — إذا أنقى غاز الاستصباح فانه لا يزال يحتوى على مخلوط من الغازات واذا احترق فى مخبار ورج ماء الجير مع الغاز الناتج تكوّن راسب أبيض يدل على أن الاحتراق أنتج ثانى أكسيد الكربون وهناك نتاج سائل يمكن الحصول عليه بوضع لهب غاز الاستصباح تحت معوجة مبردة تمام التبريد (مرتبة كما فى شكل ٤١) وهذا السائل العديم اللون يغلى فى ١٠٠° مئوية ويجمد فى درجة الصفر المئوى دلالة على أنه ماء فيرى من هذه التجارب أن غاز الاستصباح يحتوى على كلا الأيدروچين والكربون فهو فى الحقيقة مخلوط من الأيدروچين وغاز المستنقعات (الميثان) وأوّل أكسيد الكربون والأستلين والأثلين ويحتوى فوق ذلك غالبا على أزوت وعلى

مقادير قليلة جدا من غازات أخرى ولما كان كل من الايدروچين وغاز المستنقعات وأوّل أكسيد الكربون لايحترق بلهب شديد الاضاءة فشدّة ضوء غاز الاستصباح انما هى بسبب وجود الأستلين والأثلين فيه .

أسئلة على الباب الثانى عشر

(١) إذا أشعل غاز عديم اللون فاحترق بلهب منير بعض الأنارة وكوّن نتاج الاحتراق راسبا أبيض عند رجه مع ماء الجير فما المشاهدات التى تأتيها أو التجارب التى تجريها لاظهار حقيقة هذا الغاز ؟

(٢) اشرح التجارب التى تقوم بها لاظهار عناصر البترول العادى .

(٣) ما الغازات التى يتركب منها غاز الاستصباح غالبا وهل هو مخلوط أو مركب منها ؟ عزز قولك بأدلة .

(٤) اشرح الطريقة التى تستعملها فى تجهيز الميثان وبيّن كيف تفحصه لتعلم هل يحتوى على ثانى أكسيد الكربون أو أزوت ؟

(٥) إذا أعطيت أوانى ولا تدرى أهى مملوءة بغاز الاستصباح أم بالأزوت فبين كيف تعرف نوع الغاز بها واشرح كل مايمكنك عمله من التجارب فى ذلك ؟

(٦) ما الاختزال ؟ وضح جوابك بالرجوع الى التجارب التى عملتها فى الأيدروچين والكربون وأوّل أكسيد الكربون .

(٧) ما التجارب التى تبين بها أن الفحم يحتوى على كربون وأيدروچين ؟

تمارين عملية

(١) اختبر الأنتجة المكوّنة من احتراق شمع البرافين فى الهواء وبين طبيعتها .

(٢) أمرّ غاز الاستصباح على الرصاص الأبيض [١] المسخن ثم افحص وحقق طبيعة الأنتجة الحادثة .

ملحوظة : غاز الاستصباح فى المعمل ربما كان فيه بخار الماء وثانى أكسيد الكربون فيجب تجفيفه وتخليصه من ثانى أكسيد الكربون قبل امراره على الرصاص الأبيض .

(١) الرصاص الأبيض هو كربونات الرصاص القاعدى المستعمل فى النقش .

الباب الثالث عشر — تغير الوزن الحادث من التفاعل الكيميائى

(٣٨) تغير الوزن فى التفاعل البسيط

تدريب ٨٤ — تأثير صودا الغسيل فى ماء الجير .

(أ) ضع شيئا من ماء الجير فى انبوبة اختبار وصب عليه قليلا من محلول صودا الغسيل ولاحظ مايحدث ثم اذكر الدليل على تكوّن مادة جديدة مخالفة للجير وصودا الغسيل .

(ب) لتعيين تغير الوزن الحادث من تفاعل الجير وصودا الغسيل أنتق أنبوبة اختبار ليست غليظة حتى يتسنى إدخالها فى دورق صغير ثم صب فى هذا قليلا من ماء الجير وضع فى أنبوبة الاختبار شيئا من بلورات صودا الغسيل وعلقها بخيط من القطن فى الدورق بحيث لاتمس الصودا السائل ثم سدّ الدورق بسداد من الصمغ المرن وعيّن وزنه الكلى ثم رج الجميع حتى يدخل السائل الأنبوبة وعند ما يظهر أن التفاعل قد تم زن الدورق وما فيه وبيّن تغير الوزن ان كان ثم تغير .

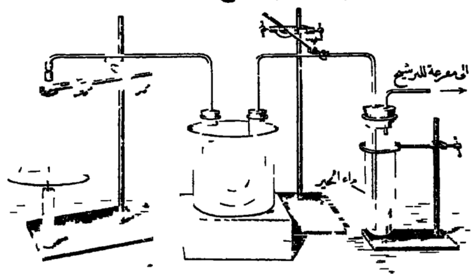
التغيرات الكيمائية — نرجع الآن الى بعض الفكر التى قدّمناها فيما مضى من هذا الكتاب فقد قلنا ان التغير الكيميائى يحدث كلما تحوّلت مادة الى مادة أو عدّة مواد اخرى مخالفة للمادة الأصلية كل المخالفة فى الخواص وتبقى دائما مخالفة لها فلو سخن أكسيد الزئبق مثلا تحوّل الى السائل الفلزى وهو الزئبق وصعد الغاز العديم اللون وهو الأكسجين أى الى مادتين مختلفتين عن المادة الأصلية فى الخواص تمام الاختلاف هذا بخلاف التغير الطبيعى الذى لا ينتج مادة جديدة ولا يغير على العموم إلا خاصة واحدة أو أكثر من الخواص الكثيرة للمادة الأصلية وربما تعلق التغير الكيميائى بمادة واحدة كما فى تحوّل الرخام بالحرارة الى جير وثانى أكسيد الكربون وأكثر من هذا أن يتعلق بمادتين أو أكثر فيؤثر بعضها فى بعض فتكوّن مواد جديدة ويقال حينئذ انها تتفاعل كيميائيا فأكسيد الكلسيوم والماء مثلا يتفاعلان فيكوّنان ادركسيد الكلسيوم واللثارج وأوّل أكسيد الكربون يتفاعلان فيكوّنان ثانى أكسيد الكربون والرصاص وكثيرا ماتستعمل كلمة "تفاعل" للدلالة على أى تغير كيميائى .

ولقد علمنا مما سبق أن التغيرات الكيميائية ينتج عنها دائما تغير فى الوزن فنبحث الآن فى هذا التغير الوزنى مع اعتبار أن التغيرات الطبيعية لا ينتج عنها تغير فى وزن المادة .

هل تستحدث المواد أو تنعدم ؟ — نفرض على حسب التجارب العادية أن كل مادة يزيد وزنها قد انضم اليها شئ من الخارج وأن كل مادة ينقص وزنها قد أزيل عنها مواد بكيفية مّا وإما نتوقع أن نتمكن أوّلا من ايجاد المصدر الذى يحصل منه جسم ما المواد المضافة اليـه وثانيا من ايجاد مقرّ المـادة المفقودة ومعنى ذلك أننا نقول أوّلا ان التغير فى الوزن إما كسب فى المـادة وإما خسارة فيها وثانيا أن المـادة المكتسبة غير مستحدثة والمـادة المفقودة غير معدومة وهناك مع ذلك حالات قد يُشَك فيها من حيث كون المـادة لا تنعدم أو لا تستحدث فالشمعة مثلا عنـد احتراقها تختفى فتيلتها وشمعها معا ولو وضعت مشـتعلة فى كفة ميزان معرّضـــة للهواء فان جميع وزنها ينعدم تقريبا فهل معنى ذلك أن مادة الشمعة قد تلاشت ؟

وهاك مثالا آخر هو زيادة وزن فلز كالرصـاص أو الخارصين عنـد إحمائه فى الهواء (صفحة ٦٢) وهنا نتساءل كيف تفسر هذه الزيادة ؟ هل أضيف الى الفلز مادة أخرى؟ واذا كان كذلك فهل تكوّنت هذه المـادة من العدم واذا كان هذا محالا فمن أين أتت اذن ؟ ان ماعرفناه مما مضى فى هذا الكتاب يرشدنا الى اجابة هذه الأسئلة . فالفلز يزداد وزنا لاتحاده بأكسجين الهواء (صفحة ٦٣) والشمعة تقل وزنا لصعود أبخرة الاحتراق الى الجوّ على شكل غازات عديمة اللون .

ويستدل على تكوّن إحدى هذه المواد اذا وُضع سطح زجاجى بارد على اللهب حيث تتراكم قطرات من سائل عديم اللون يمكن البرهنـة على أنه ماء وكذا لو وضع قمع فوق اللهب وجُذبت الغـازات المتكوّنة أثنـاء الاحتراق مارّة فى أنبوبة مبردة ذات شعبتين ثم فى أنبوبة فيها ماء الجير (شكل ٥٩) لتجمع فى الأنبوبة الأولى ماء وصـار ماء الجير



(شكل ٥٩) اختبار خواص المواد المتكوّنة أثناء احتراق شمعة

فى الثانية لبنى اللون دلالة على تكوّن ثانى أكسيد الكربون أثناء احتراق الشمعة ولما كان وزن الماء وثانى أكسيد الكربون الناتجين أكبر من وزن ما احترق من الشمعة لا أقل منه يستدل قطعا على أنه لم ينعدم شئ من المادة وظاهر أن مصدر الزيادة فى الوزن هو أكسجين الجو .

قانون بقاء المادة — ينتج من هذه التجارب أن المادة لا تنعدم عندالاحتراق على كل حال ولكن قبل أن نجزم أن المادة لا تنعدم ولا تستحدث فى أى تفاعل كيميائى يجب أن يكون لدينا برهان أدق من ذلك بكثير وأول من عمل تجارب لاثبات هذه الحقيقة هو "لڤوازييه" فمنها تجربة تسخين القصدير فى دورق مسدود وقد شرحناها (بصفحة ٦٣) اذ يتحد القصدير بالتسخين بأكسجين الهواء فى الدورق بلا تغير فى الوزن ما دام الدورق مسدودا .

ويمكن أن يحذى حذو هذه التجربة بوزن دورق جيد التجفيف محكم السدّ قد وضعت فيه قطعة من الفسفور ثم تسخين الدورق حتى يحترق الفسفور ثم تبريده ووزنه ثانية فلا يظهر تغير فى الوزن دلالة على أنه عند احتراق الفسفور لم ينعدم منه شئ وبعد مضى أعوام كثيرة على تجارب "لڤوازييه" أجرى الكيميائى البلجيكى الشهير "ستاس" (Stas) عمليات أنهى بها هذا الموضوع الى غايته ولو أنه كان يرمى لغرض آخر فوزن مادتين هما ا ، ب مثلا ثم جعلهما يتحدان وبرهن على أن المركب ا ب يساوى بالضبط مجموع وزنى ا ، ب منفردين وأنه اذا حصل تغير كان يسيرا جدّا بحيث لا يزيد على جزء واحد فى كل ٥٠٠٠٠ جزء

ويستحيل إثبات أن الوزن لا يتغير مطلقا ما دامت السلامة من الخطأ فى عمل التجربة غير ممكنة ولكنا نشعر بأنا محقون اذا قررنا ما يأتى :

فى التغيرات الكيميائية لا تنعدم المادة ولا تستحدث واذا احتفظ بجميع الأنتجة فان وزنها يساوى وزن الأجسام المتفاعلة .

وتستعمل كلمة المادة غالبا للدلالة على مايتكوّن منه الجسم من غير أن ينظر الى نوعه

وتعرف العبارة العامّة المتقدّمة بقانون بقاء المادة أو الكتلة وكلمة قانون هنا معناها عبارة عامّة حقيقية دائما على ما وصل اليه علمنا وهنا ينبغى أن يفهم أن القوانين الطبيعية

(أمام صفحة ١٢٩)



چيان سرفي ستاس (١٨١٣ — ١٨٩١)
Jean Servais Stas

انما هى نتيجة المشاهدة ولذا كان من الضرورى عند كشف حقيقة جديدة تخالف القانون أن يغير هذا القانون حتى يوافق تلك الحقيقة .

(٣٩) قانون النسب الثابتة

تدريب ٨٥ — الوزن الاتحادى للأكسجين والمغنسيوم .

(ا) زن بودقة مجففة ثم زنها ثانية بعد أن تضع فيها نحو ٤ر٠ من الجرام من المغنسيوم المنظف بورق السنفرة وأوقد المغنسيوم بلهب مصباح بنزن ثم غط البودقة بعض التغطية بحيث يستمر الفلز محترقا من غير أن يصعد منه بخار وعند ما ينتهى الاحتراق سخن البودقة تسخينا شديدا واستمر أخيرا فى التسخين والبودقة مفتوحة وعند ما تبرد اوجد وزنها بما فيها من الأكسيد وبذا احسب وزن الفلز الذى يتحد بجرام من الأكسچين .

(ب) أعد هذه التجربة آخذا وزنا من المغنسيوم مخالفا للسابق واحسب ثانيا وزن الفلز الذى يتحد بجرام من الأكسچين وبين هل النتيجتان سواء .

تدريب ٨٦ — الوزن الاتحادى للنحاس — خذ شيئا من أكسيد النحاس الأسود واسحقه جيدا ثم سخنه فى الفرن العازل حتى يبلغ الوزن حدّه فى الزيادة ويتحقق ذلك أن لا نحاس غير متحد بالأكسچين ثم خذ الجهاز المبين (بشكل ٤٢) صفحة (٨٤) وجفف الأنبوبة الزجاجية المتينة وكذا سدادى الحرير الصخرى بتسخين الثلاثة الى درجة الاحمرار تقريبا مع امرار تيار من الهواء فى الأنبوبة أثناء ذلك وبعد ايجاد وزن الثلاثة معا ضع فى الأنبوبة جرامات قليلة من أكسيد النحاس الذى جهزته وزن الجميع ثم اختزل الأكسيد بتسخينه أثناء مرور تيار من الأيدروچين الجاف متخذا الاحتياط المذكور بتدريب (٥٢) قبل تسخين الأنبوبة واستمر فى التسخين وامرار الأيدروچين حتى تتحقق أن جميع الماء المتكوّن قد خرج من الأنبوبة وأخيرا دع الأنبوبة تبرد ثم زنها ثانية ومن نقص الوزن احسب وزن الأكسچين الذى كان فى الأكسيد وبذا أوجد وزن النحاس الذى يتحد بجرام من الأكسچين .

تدريب ٨٧ — الوزن الاتحادى للحديد — خذ نحو جرام من سلك الحديد النقى الرفيع جدا وزنه فى بودقة ثم سخنه فى الفرن العازل حتى لا يزيد وزنه واحسب وزن الحديد الذى يتحد مع جرام من الأكسچين كما سبق .

تدريب ٨٨ — اتحادية القصدير — ضع فى بودقة وزنا معلوما من القصدير المحبب وأكسده بحامض الأزوتيك المركز بأن تسكب عليه قطرات قليلة منه مرة بعد أخرى وغط البودقة تغطية محكمة أثناء التجربة فاذا انقطع التفاعل فأدفئ ادفاء خفيفا مبعدا اللهب بمجرد استئناف التفاعل وعند ما يذوب جميع القصدير أخرج ما زاد من الحامض بتسخينه ضعيفا ثم يزاد اللهب بالتدريج حتى تصل البودقة الى أشد ما يمكن من الحمو ثم توضع فى مجففة لتبرد. أوجد الوزن وأضف أيضا قطرات قليلة من الحامض المركز وأخرجها كما سبق بالتسخين الضعيف. هل الوزن قد تغير؟ واذا اقتضى الأمر فكرر إضافة الحامض والتجفيف مرة بعد أخرى حتى لا يتغير وزن البودقة فحينئذ احسب وزن الأكسيد المتكوّن واستخرج منه وزن القصدير الذى يتحد بجرام من الأكسجين .

تدريب ٨٩ — الوزن الاتحادى للزئبق — زن فى أنبوبة اختبار زجاجية متينة نحو أربعة جرامات من أكسيد الزئبق الأحمر وسخنها حتى لا يبقى فى الأنبوبة إلا الزئبق وبعد أن تبرد زنها ثانية بالعناية التامة حتى لا يضيع من الزئبق شئ وبالطرح عين وزن الأكسجين وبذلك احسب وزن الزئبق الذى يتحد بجرام من الاكسجين .

الأجسام المركبة ثابتة التركيب — رأينا فى التفاعلات الكيميائية التى فحصناها أن تغير الوزن الذى حدث من التفاعل كان ثابتا دائما اذا حسب بالنسبة لكمية ثابتة من المادة الأصلية فمثلا اذا سخن الرخام حتى لا ينقص شئ من وزنه يرى أن نقصه ٤٤ جراما فى كل ١٠٠ جرام من الرخام المستعمل أى أنه يتكوّن من كل ١٠٠ جرام من الرخام ٤٤ جراما من ثانى أكسيد الكربون و ٥٦ جراما من أكسيد الكلسيوم ويمكن أن نسخن كربونات الكلسيوم (راسب الطباشير) بدل الرخام الطبيعى فيكون تغير الوزن واحدا فمهما اختلفت طريقة تجهيز كربونات الكلسيوم فانه يتركب من عناصره بنسبة ثابتة دائما وينتج مثل ذلك فى الجير الحى فان كل ١٠٠ جرام منه تتحد بـ ٣٢ جراما من الماء لتكوّن ١٣٢ جراما من الجير المطفأ وكذلك الكربون يتحد عند احتراقه بالأكسجين بنسبة ٣ الى ٨ من حيث الوزن دائما أى أن كل ١١ جراما من ثانى أكسيد الكربون تحتوى على ٣ جرامات من الكربون .

وقد رأينا فى دراسة التعادل أيضا أن وزن القلوى اللازم لاحداث التعادل فى وزن معلوم من الحامض ثابت دائما أى أن الملح الحاصل من تفاعل حامض وقاعدة يجب أن يحتوى على مركبات مخصوصة بنسب ثابتة معينة .

الوزن الاتحادى للأكسچين وللأيدروچين — بينا فيما سبق (صفحة ٨٤) أن الأيدروچين اذا أمر على أكسيد النحاس يختزله ويكوّن ماء وهنا نقول إن مقدارا معينا من الأكسچين يحدث مقدارا محدودا من الماء وعلى حسب تجارب "دوماس" (صفحة ٨٥) يرى أن ٨,٩٨ من الجرامات من الماء تحتوى على ٧,٩٨ من الجرامات من الأكسچين فلو فرضنا أن الباقى أيدروچين لكان الجرام الواحد من الأيدروچين يتحد بـ ٧,٩٨ من الجرامات من الماء .

ولقد عيّن "مورلى" (Morley) الكيميائى الأمريكى منذ عهد قريب الوزن الاتحادى للأكسچين وللأيدروچين بطريقة عجيبة مضبوطة على سهولتها فجهز حجمان كبيران من الايدروچين والأكسچين وأنقيا بعناية تامة ثم اتحدا باستعمال الجهاز المبين (بشكل ٦٠) وهو يتركب من أنبوبة زجاجية متوسطة يدخلها الغاز بطريق الأنبوبتين الجانبيتين (أ) وقبل البدء فى العمل أفرغ هواء الجهاز ثم وزن وأدخل الأكسچين وبعد ذلك أدخل تيار من الأيدروچين وأشعل بمرور شرر كهربائى بواسطة سلكى البلاتين (ب) وبعد أن يبتدأ الاحتراق يستمر من نفسه ويدخل من الغازين ما يحل محل ما يستعمل منهما وقد غمر الاناء فى الماء فتجمع الماء المتكوّن فى جزء الأنبوبة السفلى ولما انقطع تيار الغازين بقى جزء صغير جدّا بلا احتراق فجذب الى الخارج بالأنبوبتين (ح) ولمنع بقايا ماء البخار من أن تخرج أيضا شحنت الأنبوبتان (ح) بأكسيد الفسفور وهو أقوى العوامل فى امتصاص الماء وقد عيّن تركيب الغاز غير المحترق بالدقة وقد كان وزنه قليلا جدّا على كل حال أما وزن الغازين المستعملين فقد علم بايجاد نقص وزن الأوانى المحتوية عليهما وطرح الوزن الصغير للغاز الذى لم يستعمل من ذلك النقص وكذا علم وزن الماء المتكوّن من زيادة وزن الاناء الذى اتحد فيه الغازان وهاك أرقام تجربة من هذه التجارب :

(شكل ٦٠)
جهاز "مورلى" المستعمل فى تعيين وزن الاكسچين والايدروچين المتحدين

وزن الأيدروچين المستعمل ... ... = ٣,٢٥٥٩ من الجرامات

وزن الأكسچين المستعمل ... ... = ٢٥,٨٥٣١ من الجرامات

حاصل جمع وزني الأكسچين والأيدروچين المستعملين = ٢٩,١٠٩٠ من الجرامات

الوزن الحاصل للماء المتكوّن ... ... = ٢٩,١٠٥٢ من الجرامات

الفرق بين وزن الماء المتكوّن وبين مجموع وزني الأيدروچين والاكسچين المستعملين ... ... = ٠,٠٠٣٨

فيظهر من هذه الأعداد أنه لم يفقد أثناء التجربة شئ من الأيدروچين والأكسچين تقريبا لأن وزن الماء المتكوّن يساوى بالتقريب مجموع وزني الغازين المستعملين وينتج من هذه التجربة أن ٧,٩٤٠ من الجرامات من الأكسچين تتحد بجرام واحد من الايدروچين لتكوّن ٨,٩٤٠ من الجرامات من الماء فنتيجتا تجارب "دوماس" و "مورلى" المختلفة متحدتان تقريبا وقد عين غيرهما من الباحثين بطرق متباينة وزني الأكسچين والأيدروچين المتحدين وكانت النتائج متطابقة تقريبا .

قانون النسب الثابتة — يرى الطالب كثيرا من أمثال هذه النتائج كلما زادت معلوماته فى الكيمياء وعليها يتوقف قانون آخر فى الاتحاد الكيميائى ذو أهمية عظيمة وهو قانون النسب الثابتة أو المحدودة فمهما اختلفت طريقة تجهيز مركب نقى فان أوزان المواد (سواء كانت عناصر أو مركبات فى ذاتها) المكوّنة له تتناسب تناسبا ثابتا ويمكن التعبير عن هذا القانون بطريقة أخرى وهى تكون العناصر الداخلة فى تركيب أى مركب كيميائى بنسب ثابتة من حيث الوزن .

ولا ينتظر من تجارب المبتدئ إثبات صحة هذا القانون إثباتا تاما وأدق التجارب التى بحث فيها عن التركيب الثابت للمركبات الكيميائية ويمكن أن ينجح فى عملها المبتدئ هى التى تتعلق بما يأتى :

(١) وزني ثانى أكسيد الكربون والجير المتحدين لتكوين الطباشير ؛

(٢) وزني النحاس والأكسچين المتحدين لتكوين أكسيد النحاس ؛

(٣) وزني الزئبق والأكسچين اللذين فى أكسيد الزئبق الأحمر ؛

(٤) أوزان الحوامض والقلويات التى تتفاعل فتكوّن الأملاح .

وقد كان هناك شك فى بادئ الأمر فى قانون النسب الثابتة الذى كشفه "لڤوزاييه" ولكن "دالتن" (Dalton) (١٨٠٤) أدرك أهميته فأخذه قضية مسلمة بالرغم من أن تجاربه لم تكن صحيحة تمام الصحة حتى يكون البرهان قاطعا ولم ينف الشك فى صحة هذا القانون إلا التجارب العجيبة التى قام بها "ستاس" الكيميائى البلجيكى .

الأوزان الاتحادية — من المهم جدا ايجاد الأوزان النسبية فى كثير من الحالات لبعض العناصر المتحدة بعضها ببعض ولقد سبق أن بينا الطريقة التى يتم بها ذلك فى الأكسجين والأيدروچين وبعض عناصر أخرى (صفحة ١٢٩) .

وهناك فلزات يمكن إحماؤها فى الهواء حتى يبلغ وزنها غايته من الزيادة ومن وزن الأكسيد المتكوّن تعين الوزن الاتحادى للفلز ويمكن بهذا تعيين الوزن الاتحادى للمغنسيوم وللحديد تعيينا دقيقا تقريبا وكذا يمكن تعيين الوزن الاتحادى للزئبق بتسخين أكسيد الزئبق تسخينا شديدا يفصل عنه الأكسجين ويمكن فى حالات أخرى أن تختزل أكاسيد الفلزات بالأيدروجين ومن وزن الفلز الباقى ونقص وزن الأكسيد المستعمل تعين الوزن الاتحادى للفلز فأكسيد النحاس مثلا يمكن اختزاله بواسطة الأيدروجين بالطريقة المبينة بصفحة (١٢٩) ويستغنى عن جهاز جمع الماء لأن النتيجتين المطلوبتين هما وزن أكسيد النحاس المستعمل والوزن المفقود منه أثناء الاختزال لا غيرهما ويمكن أيضا استخراج الوزن الاتحادى للقصدير بأن تؤكسد وزنا معلوما من القصدير بحامض الأزوتيك المركز فيحصل ادركسيد ابتداء فيسخن تسخينا شديدا جدا فيبقى أكسيد القصدير أما الكربون فيمكن إحراق وزن معين منه فى الأكسچين وامتصاص البوتاسا الكاوية لثانى أكسيد الكربون الحادث الذى يستخرج وزنه من الزيادة فى وزن البوتاسا المستعملة . ويعلم بالطرح وزن الأكسجين .

أسئلة على الباب الثالث عشر

(١) اشرح بالتفصيل طريقة دقيقة سبق استعمالها فى تعيين الوزن الاتحادى للأيدروچين .

(٢) اذكر قانون الاتحاد بنسب ثابتة وبيّن معناه . كيف تعمل على اثبات صحة هذا القانون فى حالة أكسيد النحاس ؟

(٣) إذا كان وزن مخلوط من الرمل والطباشير يساوى ٤٫٥ من الجرامات ثم عومل بحامض الكلوردريك وسخن بعناية تامة حتى خرج ما فيه من الحامض الزائد

فنقص الوزن ٣٩٦,٠ من الجرام فاحسب مقدار ما فى المخلوط الأصلى من الطباشير فى المائة .

(٤) ما معنى قانون بقاء الكتلة ؟ اشرح تجربة يمكن أن تقوم بها بنفسك لتحقيق صحة هذا القانون .

(٥) اشرح تجارب تحقق بها صحة قانون التركيب الثابت فى أى جسم مركب شئت .

(٦) سخنت أنبوبة بها حديد نقى قد أمر عليه تيار من الأكسچين فزاد الوزن ١,٤٨ من الجرامات ثم أمر تيار من الأيدروچين وسخنت الأنبوبة احسب وزن الماء الذى يمكن أن يتكوّن واشرح ما تعمله لجمعه .

(٧) أحرق "رسكو" (Roscoe) ماسا فى الأكسچين النقى ليعين الوزن الاتحادى للكربون فحصل من ٦,٤٤٠٦ من الجرامات من الكربون ٢٣,٦١١٤ من الجرامات من ثانى أكسيد الكربون احسب مقدار الكربون المتحد بمائة جرام من الأكسچين .

(٨) اشرح بالدقة تجربتين لبيان ما يقال من أن المادة لا تنعدم .

(٩) اشرح طريقة لمعرفة نسبة وزنى الأكسچين والأيدروچين المكوّنين للماء .

(١٠) اشرح تجربتين لبيان أنه عند التفاعل الكيميائى لا تحصل زيادة أو نقص فى الوزن .

تمارين عملية

(١) أوجد الوزن الاتحادى للرصاص بتسخين مقدار معلوم الوزن من اللثارج فى تيار من غاز الاستصباح .

(٢) اخلط محلولى أزوتات الفضة وكلورور الصوديوم . هل يتغير الوزن عند حدوث التفاعل فى وعاء مسدود ؟

الباب الرابع عشر ـ تركيب القلويات

(٤٠) العلاقة بين صودا الغسيل والصودا الكاوية

تدريب ٩٠ ـ تأثير الحوامض فى صودا الغسيل ـ عيّن نوع الغاز الناتج من صب حامض الكلوردريك المخفف على صودا الغسيل وانظر هل حامض الكبريتيك والأزوتيك يحدثان هذا التأثير نفسه ؟

تديب ٩١ ـ تفاعل صودا الغسيل والجير .

(أ) أذب نحو ٥ جرامات من صودا الغسيل فى أقل كمية من الماء ثم أضف الى ذلك قطرات من ماء الجير ولاحظ ما يحدث ولأجل أن يركد الراسب سريعا سخن محلول الصودا الى درجة الغليان وأضف ماء الجير قطرة قطرة وعند ما ينقطع الرسوب باضافة ماء الجير اعزل الجسم الصلب عن المحلول بالرشح واغسله بصب الماء فى القمع ثم جففه وهو على ورقة الرشح فى فرن واحتفظ بالسائل الذى تكون فيه هذا الراسب .

(ب) الحص الراسب المجفف وانظر هل له تأثير فى عباد الشمس المندى واسكب على قليل منه فى أنبوبة اختبار شيئا من حامض مخفف وبيّن نوع الغاز الناشئ .

(حـ) زن قليلا من الراسب المجفف فى بودقة وتحقق جفافه بتسخينه ووزنه ثانية ثم سخنه فى فرن وعيّن نقص الوزن الحادث واحسبه فى المائة بالنسبة للمادة الأصلية وعيّن نوع المادة المتركب منها الراسب .

(ى) أضف الى السائل المرشح وهو السائل الباقى بعد رشح الراسب فى تدريب ٩١ (أ) قطرة من ماء الجير واذا ظهر راسب فأضف ماء الجير ببطء قطرة قطرة حتى ينقطع تكوّن الراسب واذا اقتضت الحال يرشح السائل .

(هـ) الحص السائل المرشح الرائق واغل قطرات منه على زجاجة ساعة حتى تبخر والحص قطرات منه بعباد الشمس واضف حامض الكلوردريك المخفف الى مقدار صغير منه ثم أجب عن هذين السؤالين : هل يحتوى السائل المرشح على قلوى ؟ وهلا يزال يحتوى على صودا الغسيل ذائبة فيه ؟

(و) يبخر ما بقى من السائل الرائق المرشح فى صحن من الحديد (يمكن استخدام الصحن المستعمل فى حمام رمل جديد) حتى يجف . افحص الجسم الصلب بأن تضع جزءا صغيرا منه على قطعة من الورق وتبللها ثم تتركها مدة وجيزة . عرّض جزءا آخر للهواء ولاحظ ما يحدث .

صودا الغسيل — يبقى بعد احتراق الأعشاب البحرية رماد يحتوى على مخلوط جملة أملاح أحدها صودا الغسيل التى سبق شرحها (صفحة ٥٠) فهى قلوى خفيف إذا مسه حامض الكلوردريك حدث غاز أعظم كثافة من الهواء يطفئ شمعة رفيعة موقدة ويحوّل لون ماء الجير لبنيا ويذوب اذا أمر فى الماء مكوّنا حامضا فهذه الخواص تدل على أنه ثانى أكسيد الكربون ويحدث هذا الغاز أيضا بفعل الحوامض الأخرى المخففة فى صودا الغسيل وبمقارنة هذه النتائج بتأثير الحوامض فى الرخام يرى أنه من المحتمل كون ثانى أكسيد الكربون فى صودا الغسيل كما فى الرخام .

الراسب الناتج من صودا الغسيل وماء الجير — يتكوّن من مزج محلول صودا الغسيل بماء الجير راسب أبيض تعين خواصه بعد فصله بالرشح وغسله وتجفيفه عناية تامّة فمن حيث انه قد رسب فهو قليل الذوبان فى الماء جدّا وهو متعادل مع عباد الشمس تذيبه الحوامض ويحدث ثانى أكسيد الكربون فالظاهر أنه ليس صودا الغسيل لأنه أقل منها ذوبانا فى الماء وليس قلويا وليس جيرا أيضا لأن ثانى أكسيد الكربون لا يتكوّن عند إذابة الجير فى الحوامض هذا الى أن الجير قلوى . وانما خواصه هى خواص الطباشير الراسب كما يستدل من تركيبه اذا سخن فى فرن فانه يفقد ٤٤ ٪ من وزنه أى أن الطباشير يتكوّن من صودا الغسيل والجير وأوّل من أثبت هذا بلاك فى سنة ١٧٥٤ ومن حيث ان الطباشير يحتوى على ثانى أكسيد الكربون مع الجير فوجود ثانى أكسيد الكربون يجب أن يكون من صودا الغسيل ونعلم من ذلك أن صودا الغسيل تحتوى على ثانى أكسيد الكربون وهذا هو سبب تكوّن هذا الغاز عند إذابة الصودا فى الحوامض .

فحص السائل المرشح — يرى أن السائل المرشح الذى عزل عنه الطباشير لايزال قلويا فمحتمل أنه لايزال محتويا على صودا الغسيل فاذا كان كذلك فأضافة ماء الجير اليه يجب أن تحدث راسبا آخر فاذا لم يتكوّن الراسب (دلالة على عدم وجود صودا الغسيل)

فربما كان قد أضيف من ماء الجير أكثر مما لزم فتضاف قطرة واحدة من محلول صودا الغسيل فاذا لم يحدث راسب فهذا أيضا مستحيل فبهذه الطريقة يمكن أن يستدل على أن المحلول لا يحتوى على الجير ولا على صودا الغسيل مع أنه قلوى جدا فاذا بخر بقى جسم صلب أبيض لا شك فى أنه مادة أخرى حصلت من تفاعل صودا الغسيل والجير .

ولتجهيز مقدار عظيم منها يخلط محلول صودا الغسيل المشبع بالجير المطفأ ويحرك المخلوط تحريكا جيدا فى وعاء ثم يسخن ويترك حتى يركد الجسم الصلب ثم يؤخذ من السائل الرائق الذى فوق هذا الجسم قطرات فيضاف اليها حامض مخفف فاذا لم يصعد ثانى أكسيد الكربون دل ذلك على عدم وجود صودا الغسيل واذا كان السائل لايزال يشتمل على صودا الغسيل أضيف اليه جير مرة ثانية وترك المخلوط وحده فعند ما يثبت أن السائل لا يحتوى على صودا الغسيل يعزل عن الجسم الصلب (شكل ٢٣) ويبخر فى وعاء من الحديد حتى يجف .

والجسم الصلب الأبيض المتكون بهذه الكيفية قابل للذوبان فى الماء وهو غاية فى التميع لا تؤثر فيه الحرارة إلا من حيث صهره وله خواص كاوية ويصير الورق عجينا ولذا لا يمكن رشح محلول مركز منه بورق الرشح وخواصه القلوية أظهر من الخواص القلوية لصودا الغسيل واذا تعادل مع حامض الكلوردريك فان الجسم الصلب الناتج يطابق ملح الطعام (صفحة ٥١) فهذه خواص القلوى الكاوى المسمى بالصودا الكاوية والآن نقول :

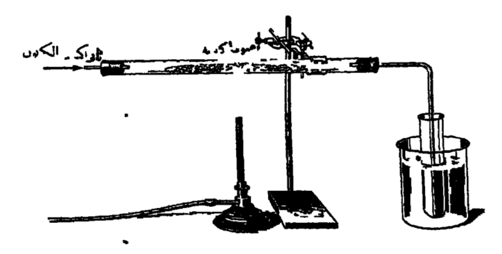
صودا الغسيل + أدركسيد الكلسيوم = طباشيرا + الصودا الكاوية .

ولكن لاندرى ألماء دخل فى هذا التفاعل لأنه موجود بكثرة من الأول الى الآخر .

(٤١) تركيب الصودا الكاوية والبوتاسا الكاوية

تكوين صودا الغسيل — إذا أردت تجهيز الصودا الكاوية من صودا الغسيل فاجعل الطباشير يرسب فمن حيث ان ثانى أكسيد الكربون الذى يتحد بالجير ليكون الطباشير يجب أن يصدر من صودا الغسيل فهذا يشير الى إمكان تجهيز صودا الغسيل من ثانى أكسيد الكربون والصودا الكاوية ولمعرفة كون الماء له دخل أو لا دخل له فى التفاعل يحسن استعمال المواد جافة .

فيُمرّ تيار بطيء من ثانى أكسيد الكربون الجاف فى أنبوبة زجاجية مشحونة بالصودا الكاوية (شكل ٦١) وتوضع أنبوبة وصل بحيث تنتهى فى أنبوبة اختبار جافة تبرد أثناء العملية حتى يتكاثف فيها السائل المتكوّن ويلاحظ أن مظهر الجسم الصلب يتغير عند إمرار الغاز دلالة على حدوث تغير كيميائى وحين تسخن الأنبوبة تظهر قطرات سائلة فى أنبوبة الاختبار المبردة يمكن البرهنة على أنها ماء وأما الجسم الصلب فى الأنبوبة فينتج ثانى أكسيد الكربون عند وضعه فى حامض مخفف ويتحوّل بعضه الى صودا الغسيل .



(شكل ٦١) امرار ثانى أكسيد الكربون على الصودا الكاوية

فيظهر من هذه التجربة أن :

الصودا الكاوية + ثانى أكسيد الكربون = صودا الغسيل + ماء

طبيعة صودا الغسيل — ينتج من تفاعل ثانى أكسيد الكربون والجير سواء كان جافا أو مذابا الملح المسمى بكربونات الكلسيوم (الطباشير) فاذا أمرّ ثانى أكسيد الكربون على الجير المطفأ المسخن أمكن أن يدل على التفاعل الحادث هكذا :

أدركسيد الكلسيوم + ثانى أكسيد الكربون = كربونات الكلسيوم + ماء

وبمقارنة هذا التفاعل بنظيره فى ثانى أكسيد الكربون والصودا الكاوية يظهر تشابه بيّن ففى كلا التفاعلين ينتج من اتصال ثانى أكسيد الكربون بالقلوى الكاوى ماء ومادة صلبة ولقد بينا أن الطباشير الصلب المتكوّن فى إحدى الحالتين هو من أملاح حامض الكربونيك أى أنه كربونات . وظاهر أن صودا الغسيل كربونات أيضا

كالطباشير أى أنها من أملاح حامض الكربونيك ولكنها تختلف عن أكثر الأملاح فى كون محلولها يؤثر فى عباد الشمس تأثيرا بينا .

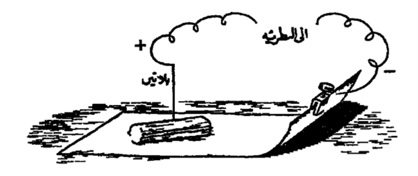
تركيب الصودا الكاوية — إذا تفاعل ثانى أكسيد الكربون والصودا الكاوية نتج ماء ولما كانت الصودا الكاوية لا تحتوى على ماء تبلور وليس فى ثانى أكسيد الكربون الجاف ماء تعين احتواء الصودا الكاوية على عنصرى الماء الأيدروجين والأكسجين .

وهذا يشير الى أن الصودا الكاوية أدركسيد كالقلويين الكاويين الجير المطفأ والمغنيسيا وأنها ربما كانت ادركسيد فلز يشابه الكلسيوم والمغنسيوم .

ولقد برهن "داڤى" (Davy) على أن هذا هو الحق بعينه فأمر تيارا كهربائيا على الصودا الكاوية المنداة فحصل عند القطب السالب (وهو ما اتصل بقطب البطرية السالب) على خرزة من فلز أبيض فضى وظهر أيضا أيدروجين عند هذا القطب وأكسجين عند القطب الموجب وبذا تم تحليل الصودا الكاوية وقد سمى "داڤى" هذا الفلز الجديد بالصوديوم لوجوده فى الصودا فالصودا الكاوية هى أدركسيد صوديوم .

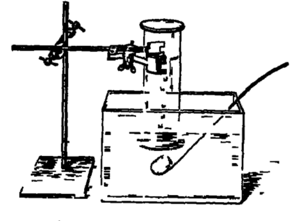
وسنبين فيما بعد فعل التيار الكهربائى (باب ٣٨) وانما نقول هنا أن "داڤى" وضع أدركسيد الصوديوم على قطعة من البلاتين بعد وصلها بقطب البطرية الموجب ولما تميعت الصودا بعض التميع وصلها بسلك من البلاتين منته الى القطب السالب (شكل ٦٢) فانصهرت سريعا وظهرت بعد فقاقيع غازية وآثار فلز أبيض فضى حول البلاتين .

وهنا يجب أن نلاحظ أنه يتعسر تجهيز أكسيد الصوديوم مع أن الحصول على أكسيدى الكلسيوم والمغنيسيوم — الجير والمغنيسيا — سهل وأن الذى نجده فى العادة هو أدركسيد الصوديوم فقط .



(شكل ٦٢) تجربة تبين طريقة داڤى فى تحليل الصودا الكاوية

تكوين الصودا الكاوية — يمكن تكوين الصودا الكاوية بوضع قطعة دقيقة من فلز الصوديوم فى الماء فيحدث تفاعل قوى حادّ وتنشأ فقاقيع غازية وربما كان التفاعل شديدا حتى يبعثر الصوديوم فى الجرة فيحسن حصره فى شبكة معدنية فى شكل قفص (شكل ٦٣) وتوضع فوقها أنبوبة اختبار مملوءة بالماء ليجمع الغاز الحاصل فيظهر بالاختبار أنه أيدروجين ويصير لون عباد الشمس أزرق عند إضافته الى الماء دلالة على تكوّن قلوى فيه واذا بخر الماء حدثت الصودا الكاوية فيكون :



(شكل ٦٣) تفاعل الصوديوم والماء

صوديوم + أكسيد الأيدروجين = أدركسيد الصوديوم + أيدروچينا

ويلاحظ هنا أن نتاجى التفاعل هما الأيدروچين والصودا الكاوية التى تحتوى على أيدروچين وهذا يحتاج الى ايضاح نأتى عليه بعد ويحفظ الصوديوم دائما فى أحد الزيوت المعدنية كالبارفين لاتحاده بالماء الذى فى الجو بسهولة .

البوتاسا الخفيفة والبوتاسا الكاوية — إذا فحص القلوى الخفيف المسمى بالبوتاسا فحصا مسهبا يظهر أن خواصه تشابه خواص صودا الغسيل وأن الفرق الوحيد الذى يدل على اختلافهما انما هو اختلاف الخواص الطبيعية فبلورات البوتاسا ليس فيها ماء تبلور وهى أقبل للذوبان فى الماء من صودا الغسيل قطعا ولو أضيف اليها حامض لنتج ثانى أكسيد الكربون ولو أضيف الى محلولها ماء الجير لنتج راسب طباشير أى أن البوتاسا الخفيفة تحتوى على ثانى أكسيد الكربون واذا بخر السائل الباقى بعد إزالة الطباشير بالرشح يرى أنه يحتوى على قلوى كاوهو البوتاسا الكاوية الذى يشابه الصودا الكاوية وان كان أقبل منها للذوبان فى الماء واذا أمر ثانى أكسيد الكربون على البوتاسا الكاوية المسخنة (شكل ٦١) لحدثت البوتاسا الخفيفة وحدث كذلك ماء وهذا التشابه البين فى الخواص يشير الى أن البوتاسا الكاوية كالصودا الكاوية فى تركيبها أيضا وهو الواقع فباستعمال طرق مشابهة لما شرحناه فى الصودا يمكن الدلالة على أن البوتاسا الكاوية ادركسيد فلز وقد سماه داڤى بالبوتاسيوم وهو أول من فرزه وخواصه

تشابه خواص الصوديوم مشابهة عظيمة غير أن تفاعله والماء أشدّ فيحدث من الحرارة شئ كثير حتى تُشعل الأيدروچين الناشئ .

وظاهر أن البوتاسا الخفيفة المتكوّنة من تفاعل ثانى أكسيد الكربون وادركسيد البوتاسيوم هى كربونات البوتاسيوم .

أدركسيد البوتاسيوم + ثانى أكسيد الكربون = كربونات البوتاسيوم + ماء

وكربونات البوتاسيوم مثل كربونات الصوديوم فى أن كليهما ملح يحدث بذوبانه فى الماء محلول ذو فعل قلوى ويختلف كربونات الصوديوم وكربونات البوتاسيوم عن الكربوناتين الطباشير والمغنسيت فى كونهما يحتفظان بما فيهما من ثانى أكسيد الكربون ولو سخنا تسخينا شديدا .

أسئلة على الباب الرابع عشر

(١) كيف تبين أن المادة الحادثة من تفاعل صودا الغسيل وحامض الكلوردريك هى ملح الطعام ؟

(٢) كيف تعين بالدقة تغير الوزن عند إذابة كربونات الصوديوم فى حامض ؟

(٣) اشرح الطريقة التى تستعملها فى تجهيز الصودا الكاوية من صودا الغسيل وقارن نتائج إذابة هاتين المادتين فى الحوامض .

(٤) قارن بين خواص الطباشير وصودا الغسيل وكذا بيّن تركيبهما .

(٥) كيف عيّن تركيب الصودا الكاوية (أ) بطريقة التحليل (ب) بطريقة التكوين؟

(٦) ما الأحوال التى يتفاعل فيها ثانى أكسيد الكربون والصودا الكاوية ؟ كيف تقوم بالتجارب التى تستدل بها على طبيعة الأنتجة ؟

(٧) وضح بالأسباب الأسباب التى بها تجزم أن الصودا الكاوية مركب ثلاثة عناصر .

(٨) ما المواد التى لها قوة امتصاص ثانى أكسيد الكربون من الهواء ؟ اشرح فى كل حالة خواص أهم نتاج يتكوّن من هذا الامتصاص .

(٩) ما تركيب (أ) الجير الحىّ (ب) الجير المطفأ ؟ وما التغيرات الكيميائية الحادثة من اغلاء الجير المطفأ مع محلول مخفف من كربونات الصوديوم فى الماء ؟

(١٠) اشرح ما يحدث للخشب (أ) عند احراقه فى موقد مفتوح (ب) عند تسخينه تسخينا شديدا فى معوجه محجوبة عن الهواء ثم اذكر أهم الأنتجة فى كلتا الحالتين وبيّن كيف تعزل أى واحدة منها . وقد كان رماد الخشب يستعمل قديما فى جعل المـاء قراحا . فما تأثيره ؟

تمارين عملية

(١) أمر تيارا من ثانى أكسيد الكربون الجاف على البوتاسا الكاوية المسخنة تسخينا يسيرا فى أنبوبة زجاج متينة ثم اجمع السائل الحاصل فى قابلة مبردة وحقق طبيعته بتعيين خصياته الطبيعية الثابتة ثم افحص الجسم الصلب الذى بالأنبوبة . ما تأثيره فى عباد الشمس ؟ وما نتيجة مزج محلوله بحامض مخفف وكذا بماء الجير ؟ هل هو قلوى خفيف أو كاو ؟

(٢) أمر ثانى أكسيد الكربون فى محلول الصودا الكاوية حتى ينقطع امتصاصها له ثم جفف الجسم الصلب الحاصل من المحلول بورقة التنشيف وسخنه فى أنبوبة جافة وعيّن النتاج وبيّن أيضا نتيجة خلط الجسم الصلب بحامض مخفف ثم قرّر الى أى حدّ يشابه صودا الغسيل .

(٣) عيّن تغير الوزن الحادث من إذابة كربونات البوتاسيوم فى الحوامض .

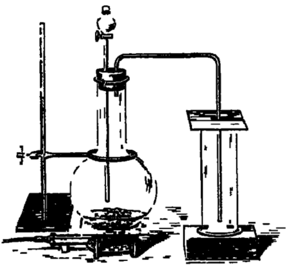
الباب الخامس عشر — حامض الكلوردريك

(٤٢) حامض الكلوردريك

تنبيـــه : حذار أن تلمس الحوامض المستعملة فيما يأتى من التجارب الجلد أو الثياب وإلا احترقت احتراقا عظيما .

تدريب ٩٢ — تأثير حامض الكبريتيك فى ملح الطعام — ضع قليلا من ملح الطعام فى أنبوبة اختبار واغمره بحامض الكبريتيك المركز ولاحظ ما يحدث ثم سخن المخلوط تسخينا هيّنا وشم الغاز الصاعد . ما فعله فى ورق عباد الشمس المندى ؟ هل يحترق أو يساعد على الاحتراق ؟

تدريب ٩٣ — تجهيز غاز حامض الكلوردريك — رتب الجهاز المبيّن (بشكل ٦٤) وضعه إن أمكن فى خزانة البخار أو تحت مدخنة ويجب أن يسدّ الدورق بسداد محكم من الفلين ينفذ منه قمع تنقيط أو قمع أمن ثم ضع فى الدورق قطعا من الملح الصخرى أو ملح الطعام المنصهر واعمل ما يلزم لتسخين الدورق وجمع الغاز بالازاحة السفلية فى مخابير جافة تمام الجفاف ويجب أن تغطى فوهة المخبار بقطعة من الورق السميك . صب على الملح من القمع قليلا من السنتيمترات المكعبة من حامض الكبريتيك المركز فعند ما ينقطع تكوّن الغاز فأضف من الحامض ما يغمر الملح وسخن الدورق بلهب ضعيف وأدخل فى المخابير شمعة رفيعة موقدة لتعلم هل ملئت بالغاز أو لا وكلما ملئ مخبار يسدّ بلوح من الزجاج الخشن ويوضع على جانب وهكذا تملأ سبعة مخابير ثم دورق قد جفف بعناية (شكل ٢٢) ويسدّ على أثر ملئه بسدّاد محكم من الفلين .



(شكل ٦٤) تجهيز غاز حامض الكلورودريك

وإذا لم ينقطع تولد الغاز فحوّل أنبوبة الوصل الى قليل من الماء فى أنبوبة اختبار .

تدريب ٩٤ — خواص غاز حامض الكلوردريك .

(أ) صف مظهر هذا الغاز ثم ارفع غطاء أحد المخابير لحظة وانفخ فى فوهته ثم ضع فيه قطعة مبلولة من ورق الرشح ولاحظ ما يحدث من تندية الغاز بهذه الكيفية . شم بعض البخار الصاعد من المخبار بحذر واحتراس .

(ب) ضع فى إناء آخر قطعة من ورق عباد الشمس بعد تجفيفها وبعد قليل قطعة أخرى منداة وقارن بين النتيجتين .

(حـ) نكس مخبارا مملوءا بهذا الغاز فى اناء ملئ ماء مثبتا الغطاء على الفوهة فعند مايصير تحت سطح الماء أزحه سريعا ولاحظ مايحدث موضحا له وقارن هذه النتيجة بما يطرأ من إمرار هذا الغاز فى الماء إمرارا بطيئا .

(ى) أدخل فى أوان أخرى مملوءة بالغاز مواد محترقة كالكربون والكبريت وقطع من القطن المندوف مبللة بالكحول التجارى والتربنتين . هل يبقى أحدها محترقا فى هذا الغاز ؟

(هـ) ضع فى أحد المخابير المملوءة بالغاز قطعا من الخارصين وفى آخر قطعا من النحاس . هل يظهر تغير ؟

(و) زن الدورق الذى ملأته ثم عين حجمه ومن ذلك استنتج كثافة الغاز بالطريقة المبينة بصفحة (٣٤) .

غاز حامض الكلوردريك — إذا مزج ملح الطعام بحامض الكبريتيك المركز نشأت فقاقيع غازية .

ويمكن استعمال الجهاز المبين (بشكل ٦٤) فى جمع مقدار عظيم من هذا الغاز فيوضع فى الدورق جزء من الملح الصخرى أو ملح الطعام بعد صهره وتكسيره ثم يصب عليه حامض الكبريتيك المركز صبا بطيئا ويجمع مايتكون من الغاز بالازاحة السفلية (صفحة ١١٢) وبعد ملء مخابير كافية تفحص خواصه . فهو غاز عديم اللون شفاف اذا كان جافا ولكنه يكون بخارا أبيض اذا نُدى كما لو نفخ فيه . وهو خانق اذا تُنُفس ويمكن تعيين كثافته بالتقريب بوزن دورق مملوء منه ومعرفة حجم الدورق فتستنتج بالطريقة المبينة (بصفحة ٣٤) وتساوى ١,٦٤ تقريبا أى قدر كثافة الهواء ١ ¼ من المرات وهذا الغاز قابل للذوبان فى الماء قبولا عظيما فاذا غمست فى الماء فوهة دورق منكس مملوء به صعد فيه الماء سريعا وملأه جميعه ويذوب فى لتر واحد من الماء أكثر من ٤٥٠ لترا من هذا الغاز فى درجة حرارة ١٥° مئوية تحت ضغط ٧٦٠ مليمترا ويمكن أن يعمل منه محلول مشبع بأمراره فى الماء . ولا يؤثر غاز حامض الكلوردريك الجاف فى ورق عباد الشمس الجاف ولكنه يصير لون الورق الأزرق المبلول أحمر سريعا والمواد المحترقة تنطفئ عند وضعها فيه إلا قليلا منها وسنذكر تلك الشواذ فيما بعد . والغاز الجاف لا يؤثر فى الفلزات الجافة إلا تأثيرا بطيئا .

حامض المورياتيك أو الكلوردريك — إذا مر غاز حامض الكلوردريك فى الماء حتى بلغ أقصى غايته فى الذوبان فيه فان المحلول المشبع يعرف بحامض الكلوردريك أو باسميه القديمين وهما "روح الأملاح" أو "حامض المورياتيك"

(المأخوذ من الكلمة اليونانية "ميوريا" أى ملح البحر) وقد سبق لخص هذا الحامض وشرحه (بالباب الخامس) ويصنع منــه مقادير عظيمة من ملح الطعام وحامض الكبريتيك. ومحلوله حامضى جدًا يذيب أكثر الفلزات منتجا أيدروچينا. ويذيب الرخام وكربوناتات أخرى مكونا ثانى أكسيد الكربون ويعادل بقلوى كالصودا الكاوية واذا بخر المحلول المتعادل حتى جف حصل ملح الطعام (صفحة ٥١) وتختلف خواص الغاز الجاف اختلافا بيّنا عن خواص محلوله فى الماء وليس للغاز خواص حامضية هامة .

حامض الكلوردريك المحوّل الى سائل — إذا عرض غاز حامض الكلوردريك لضغط تحوّل الى سائل واذا برد كفى ضغط يسير لتحويله الى سائل ويختلف حامض الكلوردريك السائل عن محلول الغاز فى الماء اختلافا كليا فهو ليس حامضا هذا الى أنه مذوب ضعيف ولا يتفاعل على الاطلاق مع أكثر الفلزات بل هو فى الحقيقة عكس محلول الغاز لأن هذا فعال كيميائيا والغاز السائل غير ذلك أى لا يتفاعل تفاعلا كيميائيا إلا قليلا .

(٤٣) تركيب غاز حامض الكلوردريك

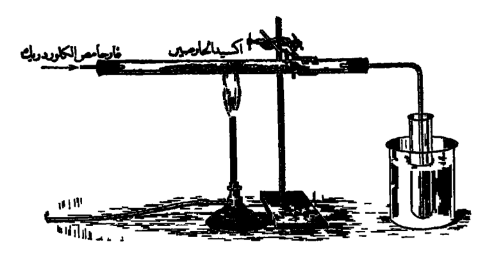
تفاعل الصوديوم وغاز حامض الكلوردريك — إذا أشعلت قطعة صغيرة من فلز الصوديوم (صفحة ١٤٠) فى الهواء فى ملعقة إحراق ثم أدليت فى مخبار مملوء بغاز حامض الكلوردريك فانها تبقى محترقة ويحدث بخار كثيف أبيض واذا سدّت فوهة المخبار بلوح من الزجاج المغرى تماما وترك البخار حتى برد استقر على جوانب المخبار على هيئة جسم صلب أبيض واذا أدخلت فى المخبار شمعة رفيعة موقدة احترق ما فيه من الغاز . وبطرق ملائمة يستدل على أنه أيدروچين والجسم الصلب يذوب بسهولة فى الماء ولو بخر محلوله حتى جف لتكونت بلورات تظهر بالمكرسكوب مكعبات (شكل ٢٧) ومذاقها كملح الطعام وهى متعادلة مع عباد الشمس بجميع خواصها هى خواص ملح الطعام فيمكن التعبير عن نتيجة التفاعل هكذا :

صوديوم + غاز حامض الكلوردريك = ملح طعام + أيدروچينا

تفاعل الأكاسيد الفلزية وغاز حامض الكلوردريك — يمرّ تيار من غاز حامض الكلوردريك فى أنبوبة تحتوى على أكسيد الخارصين ثم يسخن الأكسيد

تسخينا شديدا ويمر الغاز الذى يخرج فى أنبوبة اختبار مبردة تبريدا عظيما (شكل ٦٥) فيرى أن مظهر الأكسيد يتغير وأن سائلا عديم اللون يتجمع فى أنبوبة الاختبار فعند الحصول على كمية كافية منه يوقف التفاعل فيشاهد أن السائل يجمد عند تبريده بمخلوط مبرد ويصير جسما صلبا صافيا ينصهر فى درجة الصفر المئوى ويغلى فى درجة ١٠٠° مئوية تقريبا ويصيّر لون عباد الشمس أحمر فبديهى أنه محلول كلورور الأيدروجين فى الماء وأما الجسم الصلب المتخلف فى الأنبوبة فبعضه قابل للذوبان فى الماء ولما كان أكسيد الخارصين غير قابل للذوبان فى الماء فيمكن عزل ما يبقى منه بعد إيقاف التفاعل بالرشح ويبخر المحلول الرائق فيحصل منه على جسم صلب أبيض قابل للذوبان وتكفى قابليته للذوبان فى الماء لتمييزه من أكسيد الخارصين أما تركيبه فسنبحث فيه بعد

أكسيد خارصين + غاز حامض الكلوروردريك = جسما صلبا أبيض + ماء



(شكل ٦٥) تفاعل غاز حامض الكلوردريك وأكسيد الخارصين

وهنا يسأل من أين أتى الماء ؟ فربما كان ما فيه من الأكسجين قد خرج من أكسيد الخارصين ولكن من أين أتى الأيدروجين ؟ نذكر من نتيجة التجربة الأخيرة أن الأيدروجين تكوّن من تفاعل فلز الصوديوم وغاز حامض الكلوردريك فعند ما يتفاعل حامض الكلوردريك وأكاسيد الفلزات الأخرى كأكسيد النحاس والنشادر ينتج مثل هذا ويتكون الماء فى كل حالة ومعه جسم صلب . نتأمل الآن فى الماء المتكوّن فما فيه من الأكسجين يمكن أن يكون قد نتج من الأكسيد أما الأيدروجين فيجب أن يكون قد أتى من الحامض أو الأكسيد .

الى هنا لم نجاوز حدّ الظن والتخمين فى أن الفلزات عناصر وأن أكاسيدها لهذا مركبة من عنصرين فقط — الفلز والأكسجين — أى أن أكسيد الخارصين على هذا الظن يجب أن يحتوى على خارصين وأكسجين فقط فاذا كان هذا صحيحا فان الأيدروجين الضرورى لاحداث الماء فى التفاعل الذى نحن بصدده لا يمكن أن يأتى إلا من الغاز الحامضى وقبل البحث فى ذلك يجب أن نعين الأسباب التى من أجلها نعتقد أن الفلزات عناصر .

الفلزات عناصر — ليست الفلزات مركبات وانما هى مواد بسيطة وذلك للأسباب الآتية :

(ا) إذا سخن فلز كالخارصين تسخينا شديدا وهو محجوب عن الهواء أو الأكسجين فانه ينصهر ثم يبخر فى درجة حرارة أرفع من ذلك فاذا برد تحوّل الى سائل ثانيا ثم الى جسم صلب لا يختلف عن الفلز الأصلى فى شئ وظاهر أنه اذا كان فى الفلز عنصر كالأيدروجين فان الذى نتوقعه أن ينفصل كما يفصل الأكسجين عن أكسيد الرصاص اذا سخن تسخينا شديدا .

(ب) إذا سخن فلز كالخارصين فى الهواء أو فى الأكسجين اتحد به واحترق الفلز وتكوّن أكسيد واحد فقط وهذا مناف لفكرة وجود عنصرين فى الخارصين إذ لو كان كذلك وجب أن يتكوّن أكسيدان أى لو كان فى الخارصين أيدروجين لأمكن أن يتكوّن أيضا أكسيد أيدروجين أى ماء وهذا لم يكن .

(حـ) إذا سخن أكسيد فلز مع الكربون « تدريب ٧٢ (ا) » حصل الفلز نفسه واحد أكسيدى الكربون أو كلاهما لاغير فمثلا عند تسخين مخلوط من أكسيد الخارصين والكربون ينتج خارصين وثانى أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون أى أنه بعزل الأكسجين عن الأكسيد لايحصل إلا الفلز .

(ى) ولم يقع فى حالة ما أن وزنا معلوما من فلز ما تحوّل الى مادة أخرى أقل وزنا من الفلز المتفاعل أى أن جميع المواد الأخرى المحصلة من الفلزات تنتج باضافة عناصر أخرى اليها فمثلا عند احتراق المغنسيوم يرى أن وزن المادة المتكوّنة أعظم من وزن المغنسيوم بكثير وأن زيادة الوزن انما هى بسبب الأكسجين الذى اتحد بالمغنسيوم .

غاز حامض الكلوردريك يحتوى على أيدروچين — يتكوّن عند احتراق الصوديوم فى غاز حامض الكلوردريك أيدروچين ومن حيث أنّ الصوديوم عنصر فالأيدروچين لابدّ أن يكون قد نشأ من هذا الغاز .

كذلك يتكوّن أكسيد الأيدروچين أى الماء عند تفاعل أكسيد الخارصين وغيره من الأكاسيد مع غاز حامض الكلوردريك ولا يصدر الأيدروچين الضرورى لتكوين الماء إلا من هذا الغاز فغاز حامض الكلوردريك إذن مركب أيدروچين وهنا يمكن أن نرجع الى ماذكرآنفا من تكوّن الأيدروچين عند إذابة الفلزات فى حامض المورياتيك (محلول الغاز فى الماء) فيمكن أيضا فى هذه الأحوال الحصول على الأيدروچين من حامض الكلوردريك وهذا الأقرب لأن الماء وهو المادة الوحيدة الباقية لا تؤثر فيه أكثر الفلزات إلا فى درجات الحرارة العالية فنستنتج أن غاز حامض الكلوردريك يحتوى على أيدروچين .

أسئلة على الباب الخامس عشر

(١) اشرح طريقة تجهيز حامض الكلوردريك أو المورياتيك وبيّن كيف يختلف عن غاز حامض الكلوردريك .

(٢) ما الأدلة القائمة على أن فلزا كالخارصين عنصر ؟

(٣) كيف تجهز من حامض الكلوردريك (ا) أيدروچينا (ب) ملح الطعام ؟

(٤) ما تأثير غاز حامض الكلوردريك (ا) فى ورق عباد الشمس (ب) فى شمعة رفيعة موقدة (حـ) فى الماء ؟

(٥) اشرح التفاعل الحادث من إمرار غاز حامض الكلوردريك على أكسيد الخارصين المسخن واذكر النتاجين الحاصلين .

(٦) هل تعتبر غاز حامض الكلوردريك حامضا ؟ عزز قولك بالأسباب .

(٧) اذكر الأسباب التى من أجلها تعتقد أن غاز حامض الكلوردريك مركب أيدروچين .

(٨) إذا سخن ملح الطعام مع حامض الكبريتيك المركز وجعل النتاج فى الماء فاشرح بالأيضاح التام مايحصل من التفاعل وما يحدث من الأنتجة عند خلط المحلول الحاصل بهذه الكيفية (ا) ببرادة الحديد (ب) بكربونات الصوديوم (حـ) بالطباشير (ء) بالجير .

(٩) إذا أمر غاز حامض الكلوردريك الجاف (ا) على صوديوم مسخن (ب) على أكسيد النحاس المسخن فاشرح ما يحدث واذكر ما يتكون من الأنتجة .

(١٠) اشرح طريقة لتجهيز محلول كالذى يباع باسم حامض الموررياتيك و بيّن كيف تميّزه من زيت الزاج مقارنا خواصهما الظاهرة . .

(١١) ما التجارب التى تميّز بها غاز حامض الكلوردريك من الأيدروچين ؟

تمارين عملية

• (يجب عمل هذه التمارين فى خزانة البخار)

(١) أمر غاز حامض الكلوردريك فى أنبوبة تحتوى على أكسيد الخارصين الجاف وسخن الأكسيد تسخينا يسيرا ثم كثف السائل الناتج فى قابلة مبردة وعيّن طبيعته وقارن خواص الجسم الصلب المتخلف فى الأنبوبة بخواص أكسيد الخارصين. ما تأثير تسخين هذا الجسم الصلب مع حامض الكبريتيك المركز ؟

(٢) أمر غاز حامض الكلوردريك فى ماء الجير ثم بخر المحلول بلهب ضئيل حتى يجف . قارن خواص الجسم الصلب المتكوّن على هذا النحو بخواص الجير المطفأ وكذا بخواص كلورور الكلسيوم .

الباب السادس عشر — الكلور

(٤٤) أكسدة حامض الكلوردريك

تدريب ٩٥ — تفاعل حامض الكلوردريك وأكاسيد الرصاص .

(ا) راجع ما قيل عن الفرق (صفحة ٧٤) بيّن أكسيدى الرصاص اللثارج والرصاص الأحمر .

(ب) ضع شيئا من اللثارج فى أنبوبة اختبار واغمره بحامض الكلوردريك المركز ثم سخنه تسخينا هينا ولاحظ تغير اللثارج و بعد أن يبرد المخلوط اعزل السائل عن الجسم الصلب بالترويق واغسله مرتين بالماء البارد واعزل ماء الغسل كل مرة ثم املأ أنبوبة الاختبار الى منتصفها بالماء وسخنها حتى يغلى الماء ولاحظ

ما يحدث للجسم الصلب وبرد المحلول بتيار من الماء البارد يسـيل على الأنبوبة وانظر هل الجسم الصلب يظهر ثانيا ثم قرر الفرق بين قابلية ذوبانه فى الماء الساخن والمـاء البارد .

(حـ) أعد هذه التجربة فى الرصاص الأحمر بدل اللثارج فأدفئ المخلوط يسيرا ولاحظ رائحة الغاز المتكوّن ولونه واضـحا وورقة بيضاء خلف الأنبوبة ليسهل تعيين اللون . لاحظ الفرق بين هذا الغاز وبين غاز حامض الكلوردريك ثم افحص الجسم الصلب البـاقى فى قعر الأنبوبة وأجر عليه ما أجريت على الجسم الصلب فى تجربة (ب) هل يظهر انهما سواء ؟

تدريب ٩٦ — تفـاعل حامض الكلوردريك والبيرولوسـيت — ضع قليلا من البيرولوسيت فى أنبوبة اختبار واغمره بحامض الكلوردريك المركز ثم أدفئه يسيرا واختبر الغاز الناشئ وقارنه بالغاز الذى تكوّن فى تدريب ٩٥ (حـ) .

تأثير الأكسچين فى حامض الكلوردريك — إذا مزج حامض الكلوردريك الرطب بضعف حجمه من الأكسچين وعرض لضوء الشمس نحو أربع وعشرين ساعة فان معظمه يتغير فيحل محله غاز أصفر يميل الى الخضرة ويختفى الأكسچين فى الوقت نفسه واذا وضع فى هـذا الغاز قطعتان مندّيان من ورق عباد الشمس الأزرق والأحمر زال لونهما ولهذا الغاز رائحة خانقة غريبة ولا ينبغى أن يستنشق منه إلا مقادير صغيرة جدًا لأنه يفتك بأغشـية الأنف والحلق ويسمى بالكلور للونه وهى كلمة مأخوذة من الكلمة اليونانية «كلوروس» أى أصفر مائل الى الخضرة واذا فحص ما فى القنينة التى تكوّن فيها هذا الغاز أمكن إثبات أن هناك قليلا من الأكسچين وغاز حامض الكلوردريك لم يتغيرا والماء هو المادة الأخرى الوحيدة التى بها وظاهر أن التفاعل هنا تأكسد فلو تأكسـد أيدروچين غاز حامض الكلوردريك لحدث ماء غير أنه لا يمكن البرهنـة على تكوّنه اذ يحتم وجود المـاء قبل ابتداء التفاعل .

تفاعل الرصاص الأحمر وحامض الكلوردريك — بحثنا آنفا فى البـاب الخامس عشر فى نتيجة إمرار غاز حامض الكلوردريك على الأكاسيد وقد نتج فى كل منها ماء وجسم صلب يغطى سطح الأكسيد وكان الجسم الصلب الحادث فى حالة أكسيد الخارصين قابلا للذوبان فى الماء مع أن الأكسيد نفســه غير قابل له ولا شك أن الجسم الصلب يحتوى على الفلز لأن الماء هو النتاج الآخر الوحيد فيمكن أن نقول :

أكسيد فلز + غاز حامض الكلوردريك = ماء + جسما صلبا يحتوى على الفلز

إذا سخن اللثارج (أكسيد الرصاص) مع حامض الكلوردريك المركز فى أنبوبة اختبار تكوّنت مادة بيضاء وركدت تحت السائل ويمكن فصلها بافراغ السائل وغسلها بالماء البارد وظاهر أنها لا تذوب إلا قليلا جدّا فى الماء البارد ولكنها تذوب فى الماء المسخن الى درجة الغليان وتظهر ثانية عند ما يأخذ فى البرودة .

والرصاص الأحمر هو أكسيد آخر للرصاص مجهز من اللثارج باحماء هذا فى الهواء فيزيد وزنه أثناء الاحماء أى أن الرصاص الأحمر يحتوى على الأكسچين بنسبة أعظم منها فى اللثارج فعند ما يدفأ الرصاص الأحمر مع حامض الكلوردريك المركز بالطريقة التى شرحناها قبل ينتج كل ما يتكوّن فى حالة اللثارج بالضبط ما عدا أمرا واحدا وهو تكوّن ذلك الغاز الأصفر المائل الى الخضرة الخانق أى الكلور والأنتجة الأخرى هى الماء والجسم الصلب الأبيض القابل للذوبان فى الماء الساخن لا البارد ويمكن مقارنة فعل اللثارج وفعل الرصاص الأحمر فى حامض الكلوردريك هكذا :

لثارج + حامض الكلوردريك = جسما صلبا أبيض + ماء

رصاص أحمر + حامض الكلوردريك = جسما صلبا أبيض + ماء + كلورا

فيظهر من ذلك أن الأكسچين الزائد الذى فى الرصاص الأحمر نشأت منه أكسدة أخرى أنتجت الكلور ويمكن تجهيز الكلور بتأثير مؤكسدات أخرى فى حامض الكلوردريك ويستعمل لذلك غالبا معدن البيرولوسيت الذى هو أرخص من الرصاص الأحمر وهو أكسيد فلز المنجنيز .

(٤٥) الكلور

تحذير : يجب اجراء التجارب الآتية فى خزانة البخار مع اجتناب استنشاق الغاز الصاعد ما أمكن ذلك .

تدريب ٩٧ — تجهيز الكلور .

(ا) لتجهيز الكلور رتب الجهاز المبين بشكل (٦٦) مُمرا الغاز فى قنينة جَلْى تحتوى على زجاج مكسر أو على حجر خفاف مندى بحامض الكبريتيك المركز ولكون هذا الغاز أكثف من الهواء يمكن جمعه بالازاحة السفلية .

(ب) ضع قطعا من البيرولوسيت فى الدورق واغمرها بحامض الكلوردريك المركز ثم أدفئها يسيرا جدّا حتى يتكوّن الغاز سريعا واملأ جملة مخابير منه وغطها

بألواح زجاجية عليها طبقة من الشحم واملأ أيضا دورقا جافا من الغاز لتعيين كثافته ثم أمر الغاز مدة فى مقدار قليل من الماء فى قنينة مسدودة .

تدريب ٩٨ — خواص الكلور .

(ا) صف مظهر هذا الغاز ونكس فى الماء مخبارا مملوءا به . الى أى حدّ يذوب ؟ قارن ذلك بنتيجة إمراره فى الماء ملاحظا لون الماء الذى أمر فيه .

(ب) ضع فى مخبار مملوء به قطعتين من ورق عباد الشمس الأحمر والأزرق بعد تجفيفهما جيدا وبعد بضع دقائق ضع قطعتين قد نُديتا ولاحظ التأثير بعد دقيقة واحدة وقارن بين النتيجتين .

(حـ) ضع فى مخابير مملوءة بالغاز مواد ملوّنة كقماش أو شريط مصبوغ وورق ملوّن وأزهار ملوّنة وأوراق أشجار خضراء . بلل المادة فى كل حالة قبل وضعها ولاحظ ما يحدث .

(ى) قارن بين تأثير الكلور فى بقع الحبر الأزرق المسود والحبر الأسود وحبر المطابع أو فيما كتب بها (يكفى فى الأخير قطعة من جريدة) .

(هـ) بيّن هل الكلور يحترق فى الهواء اذا أشعل . أدخل فيه شمعة رفيعة موقدة ولاحظ مايحدث .

(و) هل يحترق فى الكلور مواد أخرى قابلة للاحتراق كعود كبريت وشمعة وقطعة من القطن المندوف مغموسة فى الكحول أو فى التربنتين وكذا قطعة من سلك المغنسيوم وأخرى من المسفور ؟ لاحظ ماتحدثه هذه المواد . ضع أيضا فى الغاز عند فوهة الاناء قضيبا مبلولا بمحلول النوشادر المركز .

(ز) جهز فوّارة يصعد منها أيدروجين يشتعل وبعد اشعاله نكس على الفوّارة مخبارا مملوءا بالكلور .

تحذير : يجب عند إشعال الأيدروجين أن يحتاط كما هو مبيّن بتدريب ٥٤ (ب) .

شم البخار المتكوّن وضع فيه قضيبا قد غمس فى محلول النوشادر . ما هذا البخار ؟

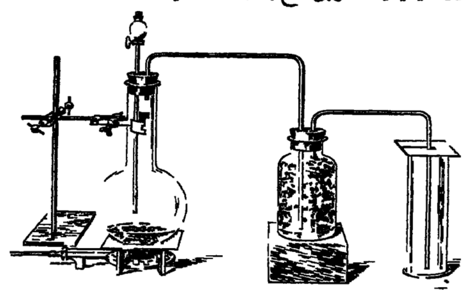
(ح) أدخل فى مخبار مملوء بالكلور ورقة من الفلز الهندى (نحاس أصفر مطروق صفائح رقيقة) ولاحظ ما يحدث .

(أ. م صفحة ١٥٣)



سر همفري داڤي (١٧٧٨ — ١٨٢٩)
Sir Humphry Davy.

تجهيز الكلور — يمكن تجهيز الكلور بالطريقة التى استخدمها كاشفه سيلة الصيدلانى السويدى (شكل ٦٦) ففى الدورق قطع من البيرولوسيت (أكسيد المنجنيز الأسود) المغمور بحامض الكلوردريك المركز ولأجل أن يسرع التفاعل يسخن المخلوط يسيرا وإن سخن شديدا خرج غاز حامض الكلوردريك مع الكلور وفى هذه الحالة يمكن إزالة غاز حامض الكلوردريك بامرار الغاز فى كمية صغيرة من الماء فيذوب غاز حامض الكلوردريك الذى هو أقبل من الكلور ذوبانا فيه ولكون الكلور يقبل الذوبان فى الماء ويؤثر كيميائيا فى الزئبق جمع بالازاحة السفلية .



(شكل ٦٦) تجهيز الكلور

خواص الكلور — هذا الغاز مشهور بلونه الأصفر المائل الى الخضرة وبتأثيره فى الحلق والأنف كثافته ٣,٢٢ أى قدر كثافة الهواء ٢,٥ من المرات تقريبا ويصير سائلا بالضغط والتبريد ويباع السائل الأصفر المتكوّن بهذه الطريقة فى أسطوانات من الفولاذ وإذا زيد فى تبريد السائل تحوّل الى جسم صلب أصفر ويذيب الماء ضعف حجمه تقريبا من هذا الغاز فى درجات الحرارة العادية .

الكلور عنصر — لما كان الكلور يتكوّن بتأثير بعض مؤكسدات فى حامض الكلوردريك فقد رسخ فى الأذهان طويلا أنه مركب حامض الكلوردريك وأكسجين وأول من برهن على خطأ هذا هو "دافى" وهاك أهم تجاربه التى بنى عليها مذهبه :

(١) إذا مزج الأيدروجين بالكلور وعرض المخلوط لضوء الشمس الساطع حدثت فرقعة شديدة ويتحد الغازان ويتكوّن غاز حامض الكلوردريك لاغير

كلور + أيدروجين = غاز حامض الكلوردريك

فإذا كان الكلور حقيقة مركب الأكسجين وغاز حامض الكلوردريك فما الذى حصل للأكسجين فى هذه التجربة ؟ والجواب أنه لو كان فى الكلور أكسجين لتوقعنا تكوّن الماء وهذا لم يكن .

(٢) إذا تفاعل الصوديوم وحامض الكلوردريك حصل أيدروچين وملح الطعام وكذا يتكوّن ملح الطعام باتحاد الصوديوم لا غير .

صوديوم + كلور = ملح الطعام

اى أنه تكون مركب واحد من غاز حامض الكلوردريك باحلال الصوديوم محل أيدروچينه ومن اتحاد الصوديوم بالمادة التى ظن أنها مركب غاز حامض الكلوردريك والأكسچين .

والطريقة الوحيدة لتفسير هذه التجارب تفسيرا مرضيا أن نعتبر الكلور عنصرا فيكون غاز حامض الكلوردريك مركبا من العنصرين الأيدروچين والكلور . ويسمى كل مركب فيه الكلور وعنصر آخر بكلورور فغاز حامض الكلوردريك يسمى بكلورور الأيدروچين وسنطلق عليه هذا الاسم فيما يلى . وأما اسم حامض الكلوردريك فسيدل على محلول هذا الغاز فى الماء ويمكن التعبير عن تجهيز الكلور هكذا :

كلورور الأيدروچين + أوكسجينا = أكسيد الأيدروچين + كلورا

ويمكن أيضا التعبير عن تأثير الصوديوم فى حامض الكلوردريك هكذا :

كلورور الأيدروچين + صوديوما = كلورور الصوديوم + أيدروچينا

وهذا التفاعل هو نوع ثالث من أنواع التغيرات الكيميائية وهو إحلال أو تعويض فقد حل الصوديوم محل الأيدروچين فى مركبه مع الكلور .

وقد برهن "داڤى" زيادة على ما سبق أن الكلور لا يحتوى على أكسچين بتسخينه مع الكربون وغيره من المختزلات فلم يحصل فى حالة ما على مركب للأكسچين وأيضا فقد سخن الكلور تسخينا شديدا وأمر فيه شررا كهربائيا مدة فلم تظهر له بهذه الطريقة ولا بغيرها مادة أخرى أبسط من الكلور .

اتحاد الأيدروچين والكلور — يتحد الكلور كما ذكرنا بسهولة بالأيدروچين ويكون الاتحاد تدريجيا اذا ترك الغازان الممترجان فى ضوء ضعيف ولكنهما يتحدان محدثين فرقعة اذا عرضا معا لضوء الشمس الساطع .

ويمكن معرفة حجم الغازين المتحدين وحجم كلورور الأيدروچين المتكوّن باستعمال الجهاز المبين (بشكل ٦٧) وهو يتركب من مستودعين زجاجيين معلومى الحجم متصلين بأنبوبة ذات صنبور فيملأ المستودع الكبير أيدروچينا بالازاحة العلوية ويملأ الصغير كلورا بالازاحة السفلية ويسدّ كل منهما بسداد من الزجاج متى امتلأ ويفتح الصنبور فيمتزج الغازان ثم توضع الأنبوبة أولا فى ضوء النهار غير المباشر وبعد نحو يوم تعرض لضوء الشمس الساطع فيلاحظ أن لون الكلور قد اختفى واذا فتح أحد المستودعين فى الزئبق يرى أنه لا يدخل فيه وأن الغاز لايخرج منه أى أن حجم الغاز فى المستودعين لم يتغير. ثم يسكب ماء فى الوعاء فوق الزئبق وترفع فوهة المستودع حتى تصير فى الماء فيرى أن كلورور الأيدروچين يذوب فى الحال ويدخل الماء المستودعين ويملأهما تقريبا ويلاحظ أن الغاز الباقى أيدروچين ويعلم حجمه بتعيين حجم الماء الذى يملأ المستودع عن آخره وأما حجم الأيدروچين الذى اتحد بالكلور فيعلم بطرح حجم الأيدروچين الباقى من حجم المستودع الذى كان فيه الأيدروچين ويمكن الحصول على الأرقام التالية فى مثل هذه التجربة :

(شكل ٦٧)
اتحاد الأيدروچين والكلور

حجم مستودع الكلور ... ... = ٦٠٫٨ سـ م^{3}

حجم مستودع الأيدروچين ... ... = ٧٢٫٤ سـ م^{3}

حجم الأيدروچين الباقى ... ... = ١١٫٩ سـ م^{3}

∴ حجم الأيدروچين المستعمل ... ... = ٦٠٫٥ سـ م^{3}

فيرى أن حجمى الأيدروچين والكلور المتحدين متساويان تقريبا وأن حجم كلورور الأيدروچين المتكوّن يساوى حجم ما دخل من الماء أى أنه يساوى حجم الغازين المتحدين.

وفى هذه التجربة رأينا أن :

٦٠٫٨ سـ م^{3} من الكلور + ٦٠٫٥ سـ م^{3} من الايدروچين تكون ١٢١٫٣ سـ م^{3} من كلورور الأيدروچين .

وبتكرار هذه التجربة نحصل على نتائج يمكن التعبير عنها هكذا :

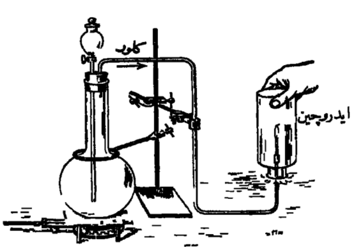
حجم واحد من الكلور + حجما واحدا من الأيدروچين يكونان حجمين من كلورور الأيدروچين .

(وتستعمل كلمة حجم فى مثل هـذه الأحوال للدلالة على أى حجم معين من الغاز لايختلف فى كلا طرفى المعادلة) .

ومن حيث ان كافتى الأيدروچين والكلور لاتتغيران وأن حجما واحدا من الأيدروچين يتحد دائما بحجم واحد من الكلور فان وزنيهما المتحدين ثابتان دائما .

خواص الكلور الكيميائية — يتحد الكلور بكثير من المواد الأخرى خصوصا الفلزات فأوراق النحاس تشتعل فيه مكوّنة كلورور النحاس والصوديوم يحترق فيه مكوّنا كلورور الصوديوم واذا سخن الحديد اتحد بالكلور مكوّنا الكلورور وكذا يتحد به الزئبق بسهولة ولكن الكلور الرطب فقط هو الذى يتحد بالفلزات فاذا كان خاليا من الماء تماما امتنع الاتحاد .

أما الكربون فلا يتحد بالكلور مباشرة ولكن الكلور يؤثر فى كثير من مركباته مع الأيدروچين فالشمعة الرفيعة والشمعة العادية المشتعلة تحترقان فيه بلهب ذى دخان كثيف يحتوى على قطع صغيرة جدًا من الكربون مختلطة بكلورور الأيدروچين الذى يمكن الاستدلال على وجوده من الأبخرة البيضاء الحادثة عند تقريب قضيب من الزجاج مغموس فى النوشادر من فوهة المخبار فاحتراق الشمعة الرفيعة نشأ من اتحاد الكلور بالأيدروچين الذى فى الشمع ويخلص الكربون وحده غير متحد بالكلور اذ ليس فيه قوة الاتحاد به واذا وضعت فى اناء مملوء بالكلور قطعة من ورق الرشح قد غمست فى التربنتين اشتعلت ونشأت سحب من النيلنج وهو نوع من الكربون ويحصل كلورور الأيدروچين أيضا وكذا يشتعل الفسفور عند وضعه فى الكلور ويتحد به مكوّنا كلورور الفسفور ولا يتحد الكلور بالأكسجين وان أمكن أن تجهز منهما مركبات . ولكن هـذا لا يكون مباشرة فالكلور اذن ليس من الغازات القابلة للاحتراق بالمعنى المألوف ولكنه يحترق اذا خرج من فوارة أدخلت فى اناء منكس مملوء بالأيدروچين المحترق عند الفوهة (شكل ٦٨) فيشتعل الكلور ويبقى محترقا فى الأيدروچين أى أن الكلور قابل للاحتراق اذا كان محاطا بالأيدروچين .



(شكل ٦٨) احتراق الكلور فى ايدروچين

إزالة الكلور للألوان — إذا وضع محلول الكلور فى ضوء الشمس الساطع فان لون السائل الأخضر يختفى وتحدث فقاقيع غازية من الأكسجين ويتكون أيضا كلورور الأيدروجين مذابا فى السائل وفى هذه الحالة يكون :

كلور + أكسيد الأيدروجين = كلورور الأيدروجين + أكسجينا

وليس هـذا التفاعل فى الحقيقة بسـيطا كما يظهر بادئ بدء فان لتكوين الأكسجين علاقة بتأثير الكلور الرطب أو ماء الكلور فى إزالة الألوان النباتيـة فلو جففت قطعة من نسيج مصبوغ تجفيفا تاما ثم أدخلت فى اناء مملوء بالكلور الجاف لا تتغير فاذا وضعت قطرات من المـاء فى هـدا الاناء زال لون النسيج على الأثر وكذلك يذهب لون عباد الشمس الرطب كما يذهب لون أكثر الأزهار ولا يزيل الكلور الألوان إلا اذا كان رطبا لأنه يؤثر أولا فى المـاء فيفصل عنه الأوكسجين الذى يؤكسد الصبغة . ولا يغير الكلور الألوان المعدنية غالبا فلا يؤثر مثلا فى حبر المطابع المصنوع من النيلنج (كربون) إلا أنه يزيل لون حبر الكتابة (نتاج نباتى) .

ويستخدم الكلور مؤكسدا عاما زيادة على استعماله فى ازالة الألوان ويكون مسحوقا .

مسحوق إزالة الألوان — إذا أمر الكلور فى وعاء يحتوى على الجير المطفأ ورجا معا فان الجير يمتصه امتصاصا ليس بالسريع جدّا ويحصل نتاج يشابه الجير فى مظهره ولكنه ذو رائحة غريبة ولو ندّى بحامض مخفف لخرج منـه كلور ويستعمل هذا المسحوق كثيرا لازالة الألوان كما يستعمل فى التطهير فلو رش على قطعة من نسيج ملوّن أو ورقة مكتوبة بالحبر الأسود ثم ندّيت بحامض الكبريتيك المخفف لذهب اللون. وكثيرا ما يسـمى خطأ بكلورور الجير مع أن هذا الاسم يلائم كلورور الكلسيوم (صفحة ١٦٢) ويصنع بامرار الكلور فى حجر من الخشب فيها رفوف كثيرة قد غطيت هى وأرض الحجرة بالجير المطفأ فيمتص الكلور .

صناعة الكلور — يصنع الكلور غالبـا من البيرولوسيت وحامض الكلوردريك المركز بالطريقة المبينة بصفحة (١٥٣) ولقد اقترح أولا استخدام أكسجين الجو فى أكسدة حامض الكلوردريك ولكنه عمـل بطىء حتى يتعذر به صناعة الكلور ولكن لو أمرّ مخلوط من الهواء وكلورور الأيدروجين على أحجـار مسخنة غمست فى محلول الزاج الأزرق لحدث التغير بأسرع من ذلك كثيرا فيؤكسد أكسجين الهواء كلورور الأيدروجين

ويتكون بخار المـاء وكلور أما الزاج الأزرق فيرى غير متغير مع أن له عملا مهما فى هذا التفاعل فلذا عرف بالعامل المساعد وهـذه تعرف بعملية ديكن (Deacon) وقد استعملت كثيرا زمنا طويلا فكان البخار يكثف ويستخدم مخلوط الأزوت والكلور الباقيين فى صناعة مسحوق إزالة الألوان واليوم يصنع الكلور من ملح الطعام على نمط حديث نأتى على بيانه بباب ٣٨ بالجزء الثانى من الكتاب .

(٤٦) مركبات الكلور

الكلورورات — هناك كثيرا من الكلورورات فى حالة طبيعية فملح الطعام أى كلورور الصوديوم من أكثرها انتشارا وشهرة . وكلورور البوتاسيوم وكلورور المغنسيوم يوجدان فى السيوب الملحية العظيمة (بستاسفورت) قرب (مجدبروج) بألمـانيا .

وهاك ملخص الطرق المختلفة التى يمكن بها تجهيز الكلورورات :

(١) باتحاد عنصر آخر بالكلور مباشرة فمثلا :

أيدروچين + كلورا = كلورور الأيدروچين

صوديوم + كلورا = كلورور الصوديوم

(٢) بتعادل حامض الكلوردريك بمحلول قاعدة فمثلا :

ادركسيد الصوديوم + كلورور الأيدروچين = كلورور الصوديوم + ماء

(٣) بإذابة أكسيد قاعدى (صفحة ١٦٢) فى حامض الكلوردريك فمثلا :

أكسيد الخارصين + كلورور الأيدروچين = كلورور الخارصين + ماء

(٤) بإذابة فلز فى حامض الكلوردريك وبخر المحلول فمثلا :

خارصين + كلورور الأيدروچين = كلورور الخارصين + أيدروچينا

(٥) بإذابة كربونات فى حامض الكلوردريك وبخر المحلول فمثلا :

كربونات الصوديوم + كلورور الأيدروچين = كلورور الصوديوم + ثانى أكسيد الكربون + ماء

(٦) فى الفلزات التى كلوروراتها غير قابلة للذوبان يضـاف الى محلول ملح من أملاح الفلز فى المـاء أى كلورور مذاب فيرسب الكلورور المطلوب فمثلا :

كلورور الصوديوم + أزوتات الفضة = كلورور الفضة + أزوتات الصوديوم

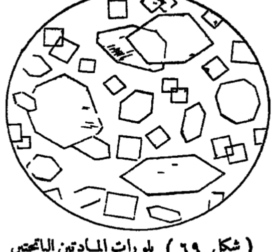
وكلورور الفضة غير قابل للذوبان فيظهر راسبا أبيض جبنيا والطريقة الاخيرة مهمة لأنها تستعمل أيضا (ا) فى كشف محلولات الكلورورات (ب) فى كشف محلولات أملاح الفلزات كالفضة التى ليست كلوروراتها قابلة للذوبان فى الماء .

فلكشف الكلورورات المذابة يضاف الى المحلول المراد كشفه قطرات قليلة من محلول أزوتات الفضة فاذا تكون راسب أبيض حالا كان دليلا على وجود كلورور فى المحلول .

والآن يمكن أن نفسر التفاعل الذى يحدث عند إمرار الأيدروچين على أكسيد الخارصين فأكسجين الأكسيد يتحد بايدروچين كلورور الأيدروچين ويكون ماء ويتحول أكسيد الخارصين الى كلورور الخارصين .

أكسيد الخارصين + كلورور الأيدروچين = كلورور الخارصين + أكسيد الأيدروچين .

كلورات البوتاسيوم — يمتص الكلور اذا أمر فى محلول البوتاسا الكاوية واذا أشبع محلول البوتاسا المركز الساخن بالكلور ثم ترك يبرد حدثت فيه بلورات اذا أذيب بعضها فى قطرات قليلة من الماء المقطر وتركت تمو على زجاجة ساعة فانها ترى بالمكرسكوب اذا كانت فيه قوة التعظيم غير كبيرة على هيئتين (شكل ٦٩) مختلفتين فكثير منها مكعبات فاذا كررت بلورتها عدة مرات وفحصت بالمكرسكوب يرى أن عدد المكعبات قد قل وهذه المكعبات بلورات كلورور البوتاسيوم والبلورات الجديدة أقل قابلية للذوبان فى الماء واذا سخنت فى أنبوبة حصل أكسجين وجسم صلب أبيض مطابق لكلورور البوتاسيوم فهذه البلورات مركب بوتاسيوم وكلور وأكسجين فهى ملح حامض يحتوى على الأكسچين والكلور ويعرف هذا الملح بكلورات البوتاسيوم ويتغير بالتسخين على ما يأتى :



(شكل ٦٩) بلورات المادتين الناتجتين من إمرار الكلور فى محلول البوتاسا الكاوية

كلورات البوتاسيوم = كلورور البوتاسيوم + أكسجينا

أسئلة على الباب السادس عشر

(١) ما الشروط التي بها يتفاعل الكلور مع (أ) النحاس (ب) الماء (حـ) الفسفور ؟ اشرح الأنتجة الناشئة فى كل حالة .

(٢) اشرح من التفاعلات ما يمكن استعماله فى تجهيز كلورور الصوديوم .

(٣) ما المواد التى تحدث من تفاعل حامض الكلوردريك المركز مع (أ) اللثارج (ب) الرصاص الأحمر ؟

(٤) اذكر ثلاث طرق عامة لتجهيز الكلورورات مبينا حدود استعمال هذه الطرق .

(٥) اشرح تجارب يتفاعل فيها مع الكلور (ا) جسم صلب (ب) سائل (حـ) غاز وبيّن فى كل حالة ما يتكوّن من الأنتجة وكذا كيفية الحصول على مقدار صغير من كل نتاج .

(٦) ما الطرق المستعملة فى صناعة الكلور ولأى الأغراض يستعمل عادة ؟

(٧) قد كان يظن أن الكلور أكسيد حامض الكلوردريك فما برهانك على خطأ ذلك؟

(٨) ما الذى ينتج من إدخال شمعة رفيعة موقدة فى اناء مملوء بالكلور ؟ وضح مايحدث توضيحا تاما .

(٩) ما الأدلة القائمة على أن غاز حامض الكلوردريك يتركب من أيدروچين متحد بعنصر آخر غازى ؟

(١٠) اشرح تجربة تثبت أن الأيدروچين يتحد بمقدار من الكلور يساويه فى الحجم . واذكر ما حجم كلورور الأيدروچين المتكوّن .

(١١) كيف تحصل على الكلور من ملح الطعام ؟ كيف تجهز من هذا الغاز ملح الطعام ثانيا ؟

(١٢) ما التجارب التى تظهر بها الفرق بين خواص مخلوط ناتج من مزج حجمين متساويين من الأيدروچين والكلور وبين خواص مركب حدث باتحاد حجمين متساويين من هذين الغازين ؟

(١٣) كيف تجهز من صودا الغسيل نموذجا من ملح الطعام ؟ اشرح كل ما يشاهد أثناء العملية .

(١٤) يقال إن للكلور قابلية عظيمة للاتحاد بالأيدروچين . اشرح تجربتين سبق أن شاهدتهما فى بيان ذلك .

(١٥) اقترح طريقة تبرهن بها أن ملح الطعام مركب صوديوم وكلور .

(١٦) إذا أعطيت جسما صلبا قابلا للذوبان فكيف تجهز منه بلورات ؟
بيّن كيف يستعمل التبلور فى بعض الأحيان لتنقية المواد .

(١٧) كيف تجهز غاز حامض الكلوردريك ؟ ما التفاعلات التى تنشأ بين محلول حامض الكلوردريك و(أ) كربونات الصوديوم و(ب) ثانى أكسيد المنجنيز و(ح) أكسيد الكلسيوم ؟

(١٨) كيف تجهز الكلور من ملح الطعام ؟ اشرح الخواص الشهيرة لهذا الغاز .

(١٩) إذا وضع أمامك أربعة أوان مملوءة بالأكسچين والكلور وثانى أكسيد الكربون والأزوت فكيف تميز بينها ؟

تمارين عملية

(١) ضع فى ضوء الشمس الساطع دورقا به محلول مخفف من الكلور فى الماء ثم اجمع الغاز الحاصل وحقق طبيعته وافحص السائل أيضا لتعلم هل فيه حامض وكلورور أو لا .

(٢) ما نتيجة إمرار كلورور الأيدروچين على الرصاص الأحمر المسخن فى أنبوبة ؟ حقق طبيعة الصلب والسائل والغاز الحاصلة .

(٣) جهز مسحوق إزالة الألوان بامرار الكلور أمرارا بطيئا فى أنبوبة تحتوى على جير مطفأ ثم استنبط الأحوال التى يزيل فيها هذا المسحوق ألوان المواد الملونة .

(٤) جهز من صودا الغسيل وأزوتات الفضة وحامض الكلوردريك نموذجين من ملح الطعام وكلورور الفضة .

الباب السابع عشر – الحوامض والقواعد والأملاح

(٤٧) تكوين الأمـــــلاح

أنجة التعادل — إذا تعادل حامض الكلوردريك مع الصودا الكاوية يحصل من التفاعل ملح الطعام الذى ينتج أيضا من اتحـاد الصوديوم بالكلور أو من تفاعل الصوديوم وكلورور الأيدروچين ويظهر جليا من هـذه التفاعلات الأخيرة أن ملح الطعام مركب عنصرين هما الصوديوم والكلور أى أنه كلورور صوديوم .

وعند تفاعل الصودا الكاوية (ادركسيد الصوديوم) وحامض الكلوردريك يتكوّن ماء ايضا أى أن التفاعل جميعه يكون هكذا :

ادركسيد الصوديوم + كلورور الأيدروچين = كلورور الصوديوم + أكسيد الأيدروچين

وبكيفية مماثلة لما سبق يتكوّن كلورور البوتاسيوم وماء من ادركســيد البوتاسيوم وحامض الكلوردريك وكذا يتكوّن كلورور الكلسيوم وماء من ادركســيد الكلسيوم (الجير المطفأ) وحامض الكلوردريك .

وبسبب قابليــة الادركسيدات القلوية لأن تكون قواعد للأملاح تسمى بالقواعد ويمكن التعبير عن ذلك بعبارة عامّة هكذا :

حامض + قاعدة = ملحا + ماء

الأكاسيد القاعدية — إذا أمر كلورور الأيدروچين على أكسيد الخارصين الجاف نشأ ماء والملح المسمى بكلورور الخارصين (صفحة ١٤٥) وهـذا الملح هو نفس الملح الذى يتكوّن عند اذابة الخارصين فى حامض الكلوردريك أو عنـد اتحاد الخارصين بالكلور .

وكذا يكون كلورور الكلسيوم والمـاء نتاجى إذابة أكسيد الكلسيوم (الجير الحىّ) فى حامض الكلوردريك ويكون كلورور المغنسيوم والمـاء أيضا نتاجى تفاعل أكسيد المغنسيوم وحامض الكلوردريك وليس لهذه الأكاسيد خواص قلوية ولكنها تعادل الحوامض مكوّنة أملاحا ولذلك تسمى بالأكاسيد القاعدية ويمكن التعبير بطريقة عامة هـــكذا :

أكسيد قاعدى + حامضا = ملحا + ماء

ومن الأكاسيد القاعدية ما يتحد بالماء كأكسيد الكلسيوم فتكوّن ادركسيدات ذات خواص قلوية مع أن خواصها فى ذاتها ليست قلوية وهناك أكاسيد قاعدية أخرى (مثل اللثارج) لاتتفاعل مع الماء بهذه الطريقة وليس لادركسيداتها غالبا خواص قلوية ولو أمكن تكوينها بطرق أخرى ومع هذا فهى تتحد بالحوامض لتكوّن أملاحا (مثل كلورور الرصاص) وتفاعل اللثارج (أكسيد الرصاص) مع حامض الكلوردريك المركز يحدث كلورور الرصاص والماء .

أكسيد الرصاص + كلورور الأيدروجين = كلورور الرصاص + ماء

الأوزان المعينة للحامض والقلوى التى تستعمل فى التعادل — إذا رجعنا الى الحقائق التى ذكرناها فى التعادل فى الباب الخامس (صفحة ٥٣) يرى أن وزنامعينا من الحامض المذاب فى الماء يحتاج الى وزن معين من القلوى لاحداث التعادل أو بعبارة أخرى يتكوّن ملح من تفاعل مقادير ذات نسب محدودة من الحامض والقلوى فلتكوين كلورور الصوديوم مثلا يتحد وزن معين من الصوديوم بوزن معين من الكلور وهناك علاقة ثابتة بين وزنى هذين العنصرين المتحدين وتثبت مثل هذه الحقائق عند تفاعل حوامض وقلويات أخرى . وزيادة على ما تقدّم يقال انه لا تتغير المحلولات المستعملة فى التجارب فان حجوم محلولات الحوامض التى تتفاعل مع حجم معين من محلول قلوى معين هى نفس الحجوم التى تحدث التعادل فى حجم معين من محلول قلوى آخر فاذا كان ١٠ سـ م^3 من محلول الصودا الكاوية تحدث التعادل فى ٩ سـ م^3 من حامض الكلوردريك و ١٢ سـ م^3 من حامض الكبريتيك و ١٤ سـ م^3 من حامض الأزوتيك فان حجما معينا من محلول البوتاسا مثل ١٧ سـ م^3 يحدث كذلك تعادلا تاما فى نفس هذه المقادير من المحلولات المستعملة سابقا أى ٩ سـ م^3 من حامض الكلوردريك و ١٢ سـ م^3 من حامض الكبريتيك و ١٤ سـ م^3 من حامض الأزوتيك فهذا يدل من غير شك على أن هناك نسبا ثابتة بين أوزان القلويات والحوامض المتفاعلة ولقد وجد بالتجربة أن ٤٠ جراما من الصودا الكاوية أو ٥٦ جراما من البوتاسا الكاوية تكفى تماما لتعادل ٣٦,٥ من الجرامات من حامض الكلوردريك أو ٤٩ جراما من حامض الكبريتيك أو ٦٣ جراما من حامض الأزوتيك وتثبت مثل هذه الحقائق فى تفاعل الحوامض والأكاسيد القاعدية .

(٤٨) الحوامض والأكاسيد الحامضية

تقسيم الأكاسيد — قسمنا الأكاسيد الى ثلاثة أقسام باعتبار كون محلولاتها فى الماء قلوية أو حامضية أو متعادلة (صفحة ٧٤) ويجب اعتبار كثير من الأكاسيد التى تكون محلولاتها متعادلة أكاسيد قاعدية واعتبار أكاسيد أخرى مثل أكاسيد الكربون والكبريت والفسفور أكاسيد حامضية .

وإذا نظرنا الى الأكاسيد من حيث العناصر التى تتكوّن منها ظهر أن أكاسيد الفلزات قاعدية وأن أكاسيد غير الفلزات تكوّن حوامض غالبا عند إذابتها فى الماء فثانى أكسيد الكربون يذوب فى الماء محدثا حامض الكربونيك (صفحة ١١٢) واذا تعادل هذا الحامض مع ادركسيد الكلسيوم ينتج ملح وهو كربونات الكلسيوم واذا أمر ثانى أكسيد الكربون على الجير المطفأ فان الماء الحادث يمكن جمعه وتحقيق طبيعته ولكن اذا اتحد ثانى أكسيد الكربون بالجير الحىّ (أكسيد الكلسيوم) كان النتاج الوحيد كربونات الكلسيوم فالملح الذى هو كربونات الكلسيوم يجب أن يحتوى على الأكسچين زيادة على ما يحتويه من الكربون والكلسيوم لأنه يتكوّن من اتحاد أكسيدين وجميع الكربوناتات الأخرى (مثل كربونات الصوديوم) تحتوى على الأكسچين وكذا يحتوى عليه حامض الكربونيك الناشئ من اتحاد ثانى أكسيد الكربون وأكسيد الأيدروچين وعلى عكس ذلك حامض الكلوردريك وأملاحه وهى الكلورورات فلا تحتوى على الأكسچين .

تركيب الحوامض — سبق لنا تمييز الحوامض بتأثيرها فى عباد الشمس وإذابتها للفلزات والطباشير فضرورى الآن أن نبحث فى هل تشابهها فى هذه الخواص ناتج عن تشابهها فى التركيب فنقول :

رأينا أنه إذا ذاب فلز فى أحد الحوامض المألوفة ينتج ملح يحتوى على هذا الفلز ويصعد الأيدروچين ولم يشذّ عن هذا إلا حامض الأزوتيك وسنبحث فيه منفردا . ومن حيث ان الفلزات عناصر (صفحة ١٤٧) فالأيدروچين لا بدّ أن يكون قد خرج من الحامض اللهم إلا اذا كان قد نشأ من الماء الذى يكون موجودا غالبا ولكنا قدبرهنا أن كلورور الأيدروچين يحتوى على أيدروچين يخرج منه عند ملامسة الصوديوم (صفحة ١٤٨) فبمثل ذلك يمكن البرهنة أيضا على أن الحوامض الأخرى تحتوى على أيدروچين . فالأحكام العامة الآتية صحيحة إذن :

(ا) تحتوى جميع الحوامض على أيدروچين .

(ب) يمكن احلال فلز محل هذا الأيدروچين وينشأ ملح .

(ح) إذا تفاعلت قاعدة أو أكسيد قاعدى مع حامض فان فلز القاعدة يحل محل الأيدروچين الذى يتحد بأكسچين القاعدة مكوّنا ماء .

ولقد مضى حين كان يظن أن جميع الحوامض يحتوى على الأكسچين ولكن "داڤى" بيّن خطأ ذلك فبرهن أن حامض الكلوردريك لا يحتوى على أكسچين مع أنه من الحوامض القوية .

أسماء الأملاح — نذكر الآن ماتسمى به أملاح بعض الحوامض المألوفة فنقول ان الاضافة (آت) فى نهاية الاسم تستعمل لتدل على أن الملح يحتوى على أكسچين زيادة على ما فيه من فلز وعنصر غير فلزى مثل الكربون أو الكبريت والاضافة (ور) تستعمل للدلالة على أن الملح مركب عنصرين فقط .

حامض	ملح	حامض	ملح
كلوردريك	كلورور	خليك	خلات
كبريتيك	كبريتات	كربونيك	كربونات
أزوتيك	أزوتات	أكساليك	أكسالات

فمن تعادل حامض الكبريتيك مع ادركسيد الصوديوم يتكوّن كبريتات الصوديوم ومن ادركسيد البوتاسيوم وحامض الكربونيك يتكوّن كربونات البوتاسيوم وباذابة أكسيد النحاس فى حامض الكبريتيك يحصل كبريتات النحاس ولكن ملح الطعام لذى يحتوى على عنصرين فقط يعرف بكلورور الصوديوم .

أسئلة على الباب السابع عشر

(١) بيّن ما يحدث من التفاعل الكيميائى أثناء تعادل حامض ؟

(٢) إذا كانت كلمة أكسچين معناها (مكوّن الحوامض) فما الأسباب الداعية لتسميته بهذا الاسم ؟ وما الاعتراضات على هذه التسمية ؟

(٣) بيّن أنه يمكن تقسيم الأكاسيد بحسب خواص محلولاتها فى الماء .

(٤) ميّز القاعدة عن الأكسيد القاعدى ومثل لكل منهما بمثالين .

(٥) ما الأحكام العامة التى تنطبق على جميع الحوامض ؟ اذكر ما تعرفه من الشواذ عن ذلك .

(٦) اشرح طريقتين من الطرق الأكثر استعمالا فى تجهيز الأملاح وبين كيفية تجهيز أزوتات البوتاسيوم وكلورور الكلسيوم وكبريتات الخارصين وكلورور الفضة وكربونات الكلسيوم .

(٧) إذا أعطيت قطعة من شريط المغنسيوم فكيف تجهز أكسيد المغنسيوم ؟ قارن بين تأثير حامض الكبريتيك فى هذا الأكسيد وبيّن تأثيره فى الفلز .

(٨) اكتب شارحا الخواص الكيميائية للحوامض وللقلويات كل على حدته .

(٩) بيّن الفرق بين التغيرات الكيميائية والتغيرات الطبيعية . كيف تبرهن بالعمل على أن التغير الحادث من مزج محلول حامض الكلوردريك بمحلول النوشادر تغير كيميائى ؟

(١٠) إذا أعطيت شيئا من ملح الطعام المحتوى على قليل من مواد غريبة التى يذوب بعضها فى الماء ولا يذوب بعضها الآخر فيه فبيّن كيف تجهز من ذلك نموذجا من الملح النقى ؟

(١١) ما القلوى ؟ اذكر قلويين مشهورين وبيّن ما يتكوّن منهما من المواد عند مزج كل منهما بحامض الأزوتيك .

تمارين عملية

(١) اعمل تجارب لمعرفة كون أكسيد الخارصين أكسيدا قاعديا أو غير ذلك .

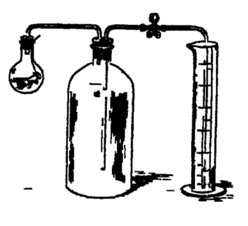
(٢) هل يتكوّن ملح وماء عند تفاعل أكسيد النحاس الأسود وكلورور الأيدروجين ؟

(٣) جهز نماذج من الأملاح الآتية وهى أزوتات البوتاسيوم وكلورور الفضة وكبريتات النحاس مستعملا الحامض اللازم فى كل حالة .

الباب الثامن عشر – الأوزان المكافئة

(٤٩) احلال الفلزات محل الأيدروجين

تدريب ٩٩ — وزن الأيدروجين الذى يحل محله الخارصين .



(شكل ٧٠)
قياس حجم الأيدروجين الخاص من اذابة وزن معين من طرفى حامض

(أ) رتب الجهاز المبين (بشكل ٧٠) وسد الدورق والقنينة بسدادين محكمين من الصمغ المرن واملأ القنينة ماء أما الخارصين والحامض فيوضعان فى الدورق ليتسنى للأيدروجين الصاعد إخراج جزء من الماء يساويه فى الحجم فيجمع فى مخبار مدرج وقبل البدء فى التجربة انفخ بعض ماء القنينة حتى يستمر نزحه الى المخبار فاذا خرج ما يكفى لتغطية طرف أنبوبة الوصل فاقفل الحابس الذى على أنبوبة الصمغ المرن الموصلة .

(ب) ضع فى الدورق نحو ٢٠ سنتيمترا مكعبا من حامض الكلوردريك المركز وخففه بما يساوى حجمه من الماء ثم زن فى أنبوبة اختبار نحو ٠٫٧ من الجرام من الخارصين المحبب معتنيا بجعل هذه الأوزان محكمة بقدر الاستطاعة ثم علق أنبوبة الاختبار فى الدورق بخيط من القطن بحيث لا يمس الحامض الخارصين وبعد اتمام التوصيلات افتح الحابس فاذا تغير سطح ماء المخبار بالتدريج فانه يستدل قطعا على تسرب الهواء الى الجهاز ويجب تلافى ذلك قبل الاستمرار فى التجربة فاذا أيقنت أن الهواء لا ينفذ اليه فعين حجم الماء الذى بالمخبار ثم ابدأ التفاعل برج الدورق حتى يمس الحامض الخارصين وعند ما يذوب الخارصين عن آخره دع الجهاز يبرد ثم اعرف حجم ما تجمع من الماء معينا درجة حرارة المعمل وارتفاع الزئبق فى البارومتر ومن ذلك احسب حجم ما تكوّن من الأيدروجين تحت معدّل الضغط وفى معدّل درجة الحرارة .

(حـ) أعد هذه التجربة مستعملا وزنا آخر من الخارصين وحامض الكبريتيك المخفف (بنسبة ١ الى ٥) بدلا من حامض الكلوردريك . هل ينشأ من وزن معلوم من الفلز حجم ثابت من الأيدروچين ؟

تدريب ١٠٠ — إحلال الفلزات الأخرى محل الأيدروچين — أعد التجربة مستعملا فلزات أخرى (كالمغلسيوم والألمنيوم والقصدير) بدلا من الخارصين ولاذابة القصدير يجب تسخين الحامض . هل حجم الأيدروچين الحاصل يختلف باختلاف نوع الفلز ؟ احسب وزن مايلزم من كل من هذه الفلزات لتكوين جرام من الأيدروچين .

إحلال الفلزات محل الأيدروچين الذى فى الحوامض — رأينا فى صفحة (١٦٥) أن الفلزات إذا ذابت فى الحوامض تزيل منها أيدروچينها وتتحد بما يبقى من الحامض بعد ذلك مهما كان ذلك الباقى . ويمكن معرفة حجم الأيدروچين الذى يزيله وزن معين من فلز باستعمال الجهاز المبين (بشكل ٧٠) وبعد معرفة حجمه يمكن حساب وزنه ويتركب الجهاز من دورق صغير متصل بقنينة كبيرة مملوءة بالماء قد ركب عليها أنبوبة خروج واصلة الى قعرها ويوضع الحامض فى الدورق الذى تعلق فيه أنبوبة اختبار يحتوى على الفلز الموزون وبعد اتمام التوصيلات يرج الدورق حتى يدخل الحامض أنبوبة الاختبار فيمس الفلز فيخرج الأيدروچين فيطرد الماء من القنينة فيجمع فى مخبار مدرج ليعرف حجمه وعند ما يذوب الفلز عن آخره يترك الجهاز ليبرد (لأن ذوبان الفلزات فى الحوامض يحدث حرارة) ثم يرفع المخبار أو يخفض حتى يصير سطح الماء فيه مساويا لسطح الماء فى القنينة وفى هذه الأحوال يكون حجم الماء الخارج من القنينة مساويا حجم الأيدروچين المتكون مقيسا تحت الضغط الجوى إذ ذاك فى درجة حرارة الحجرة .

وبتكرار هذه التجربة باستعمال أوزان مختلفة من فلز معين نستنبط أن إذابة وزن ثابت من هذا الفلز ينتج حجما واحدا من الأيدروچين دائما أى ينتج وزنا واحدا منه . أى أن وزنا معينا من فلز مخصوص كالخارصين يحل محل وزن معين من الأيدروچين وقد وجد باعادة هذه التجربة فى فلزات أخرى وحساب وزن الفلز الذى يحل محل جرام من الأيدروچين أنه لتكوين جرام من الأيدروچين يجب أن يذوب وزن مخصوص

ثابت من كل منها فلكل فلز وزن مخصوص حالّ محل الأيدروچين ويمكن عمل جدول لأوزان الفلزات التي تحل محل جرام من الأيدروچين .

(٥٠) تعيين الأوزان المكافئة للفلزات بواسطة الإحلال

تدريب ١٠١ — تأثير المغنسيوم فى محلول الزاج الأزرق — ضع قطعا من شريط المغنسيوم فى محلول الزاج الأزرق (كبريتات النحاس) ثم افصل الجسم الصلب المتكوّن وافحصه وسخن بعضه فى بودقة وعالج اذابة شئ منه فى حامض الكبريتيك المخفف ولاحظ النتيجة فى كل حالة .

إحلال فلز محل آخر — رأينا فى تدريب (١٠١) أن المغنسيوم قد ذاب عند وضعه فى محلول الزاج الأزرق (كبريتات النحاس) ففصل النحاس من مركبه واليك بيان التفاعل :

مغنسيوم + كبريتات النحاس = كبريتات المغنسيوم + نحاسا

ولا شك أن هذا تفاعل تعويض أو إحلال .

وهنا يمكن استعمال وزن معلوم من المغنسيوم ثم يعين وزن النحاس الراسب فيوضع المغنسيوم الموزون فى محلول كبريتات النحاس ويسخن تسخينا هينا حتى يسرع التفاعل وعند مايذوب المغنسيوم عن آخره يجمع النحاس على ورقة رشح معلومة الوزن ويبذل الجهد فى ألا يضيع شيء منه وبعد غسل الورقة والنحاس تماما لازالة بقايا كبريتات النحاس يجففان ويعين وزنهما .

وبتكرار هذه التجربة يرى أنه باستعمال وزن معين من المغنسيوم يحصل وزن مغاير له من النحاس محدود تماما وهناك طوائف أخرى من الفلزات التى يحل أحدها محل الآخر فى محلولات أملاحها فالمغنسيوم مثلا يحل محل الخارصين أو الرصاص أو النحاس والخارصين يحل محل الرصاص والنحاس ويمكن الحصول على الأوزان المكافئة لهذه الفلزات بالطريقة المبينة قبل فى مسألة المغنسيوم والنحاس .

الأوزان المكافئة — نضع الان جدولا يحتوى على جملة فلزات وعلى (١) الوزن الذى يتحد فى كل منها بجرام من الأكسچين و(٢) الوزن الذى يحل محل جرام من الأيدروچين .

العنصر	الوزن الذى يتحد بجرام من الاكسچين	الوزن الذى يتحد بثمانية جرامات من الاكسچين	الوزن الذى يحل محل جرام من الأيدروچين
المغنسيوم	٥و١ من الجرامات	٢و١٢ من الجرامات	٢و١٢ من الجرامات
الخارصين	١و٤ « «	٣٢٫٧ « «	٣٢٫٧ « «
الألمنيوم	١٫١ « «	٩٫٠ جرامات	٩٫٠ جرامات
الحديد...	٢و٦ « «	٨و٢٠ من الجرامات	٢٧٫٩ من الجرامات
القصدير	٣٫٧ « «	٢٩٫٧ « «	٥٩٫٥ « «
الصوديوم	٩و٢ من الجرامات	١و٢٣ من الجرامات	١و٢٣ من الجرامات
البوتاسيوم	٩و٤ « «	٣٩٫٢ « «	٣٩٫٢ « «
الكلسيوم	٥و٢ « «	٠و٢٠ جراما	٠و٢٠ جراما

ففى القسم الأول من هذا الجدول لم نضع غير العناصر التى يمكن المبتدئ أن يجرى فيها التجارب العملية ولكن يمكن أن تضاف عناصر أخرى يترتب على استعمالها مشقة أو نفقات طائلة وهذا نحو ما بالقسم الثانى منه .

وظاهر أن هناك علاقة بين أوزان العناصر التى تتحد بجرام من الأكسچين والأوزان التى تحل محل جرام من الأيدروچين واذا لم يراع ماهناك من شذوذ يسير يرى أن كلا من أعداد العمود الأخير يساوى ثمانية أمثال نظيره من الأول أى أننا لو حسبنا وزن العنصر الذى يتحد بثمانية جرامات من الأكسچين (عمود ٢) لكان العمودان سواء أى أن وزن العنصر الذى يتحد بثمانية جرامات من الأكسچين أو يحل محل جرام واحد من الأيدروچين هو وزن واحد .

ويجب أن نذكر هنا أن ثمانية جرامات من الأكسچين تتحد بجرام واحد من الأيدروچين فوزن العنصر الذى يحل محل جرام من الأيدروچين هو نفس الوزن الذى يتحد بالوزن الاتحادى للأكسچين فى مركبه مع الأيدروچين ولا شك أن هناك معنى فى هذا السرّ الغريب وتعرف الأوزان المذكورة فى العمود الأخير بالأوزان المكافئة للعناصر لأنها تكافئ أو تحل محل جرام واحد من الأيدروچين .

أوزان الفلزات التى يحل بعضها محل بعض فى المركبات — يمكن أيضا أن يعمل جدول يحتوى على الفلزات التى يحل بعضها محل بعض فى مركباتها ولأجل

أن يكون هناك معدّل يرجع اليه فى المقارنة يجب أن يختار فلز يحل محله معظم الفلزات الأخرى وأوفق فلز بهذا الغرض هو النحاس .

العنصر	وزن العنصر الذى يحل محل جرام واحد من النحاس	وزن العنصر الذى يحل محل ٣١٫٨ من الجرامات من النحاس	وزن العنصر الذى يحل محل جرام واحد من الايدروچين
مغنيسيوم	٠٫٣٨٤ من الجرام	١٢٫٢ من الجرامات	١٢٫٢ من الجرامات
خارصين	١٫٠٢٨ من الجرامات	٣٢٫٧ « «	٣٢٫٧ « «
ألمنيوم...	٠٫٢٨٣ من الجرام	٩٫٠ جرامات	٩٫٠ جرامات
حديد	٠٫٨٧٧ « «	٢٧٫٩ من الجرامات	٢٧٫٩ من الجرامات
قصدير...	١٫٨٧١ من الجرامات	٥٩٫٥ « «	٥٩٫٥ « «

فيظهر أن هناك علاقة بين وزن العنصر الذى يحل محل جرام واحد من النحاس ووزنه الذى يحل محل جرام من الأيدروچين والنحاس لا يحل محل الأيدروچين فى مركباته ولكن يتحد بالأكسچين وقد رأينا أن أوزان العناصر التى تتحد بثمانية جرامات من الأكسچين هى نفس أوزانها المكافئة ومن حيث ان ٣١٫٨ من الجرامات من النحاس تتحد بثمانية جرامات من الأكسچين فلتعتبر وزنه المكافئ ولنبحث عن أوزان العناصر الأخرى التى تحل محل الوزن المكافئ للنحاس فهذه الأوزان فى العمود الثانى من الجدول السابق وهى والأوزان التى تحل محل جرام واحد من الأيدروچين سواء ولأدراك هذا الجدول أدراكا تاما تأخذ المغنسيوم مثلا فترى أن ١٢٫٢ من الجرامات منه تحل محل جرام واحد من الأيدروچين وتتحد بالوزن الاتحادى للأكسچين أى بثمانية جرامات منه وهذا الوزن أيضا يحل محل ٣١٫٨ من الجرامات من النحاس (أى وزنه الاتحادى) أو محل ٣٢٫٧ من الجرامات من الخارصين (أى وزنه المكافئ) أو محل أى وزن مكافئ مقدّر بالجرامات من الفلزات الأخرى التى يمكن أن يحل محلها المغنسيوم فيظهر إذن أن العناصر تتحد وتفارق الاتحاد بنسبة أوزانها المكافئة .

الأوزان المتبادلة — يمكن الوصول الى النتيجة السابقة من طريق آخر ففى بعض الأحوال يكوّن كل من عنصرين مركبات مع عنصر ثالث مع كونهما يتحدان أيضا فكل من الكربون والأكسچين يتحد بالأيدروچين وكذا يكونان مركبات باتحادهما ولنمثل بالمركبات الآتيــة وهى الميثان (غاز المستنقعات) والمــاء وثانى أكسيد الكربون

ففى الأول يتحد ٣ جرامات من الكربون بجرام واحد من الأيدروچين وفى الثانى يتحد ٨ جرامات من الاكسچين بجرام واحد من الأيدروچين وفى ثانى أكسيد الكربون يتحد ٨ جرامات من الأكسچين بثلاثة جرامات من الكربون أى أن وزنى الأكسچين والكربون اللذين يتحدان بجرام واحد من الأيدروچين هما أيضا الوزنان لهذين العنصرين اللذان يتحدان ويلاحظ أننا لم نقل "ان هذين العنصرين لا يتحدان بغير نسبة الوزنين المذكورين" إذ أن هناك أكسيد كربون آخر فيه ٦ جرامات من الكربون متحدة بثمانية جرامات من الأكسچين ونترك بيان ذلك الآن ونبحث فيه فى باب آت ولكن يجب أن نلاحظ أن وزن الكربون الذى يتحد بثمانية جرامات من الأكسچين ليكوّن أوّل أكسيد الكربون هو مضاعف بسيط للوزن الاتحادى للكربون وواضح فى هذه الحالة أن الأوزان الاتحادية متبادلة وإذا قررنا أن الأوزان المكافئة هى الأوزان الاتحادية كما اعتبرت فى الحالات التى سبق أن درسناها فان جميع الأوزان المكافئة تكون متبادلة أو بعبارة أخرى : تتحد العناصر بحسب نسب أوزانها المكافئة .

وسنرى قريبا ضرورة إضافة هذه الكلمات للعبارة المتقدمة وهى (أو بحسب نسب مضاعفات بسيطة لهذه الأوزان المكافئة) فمثلا ١٢٫٢ من الجرامات من المغنسيوم تحل محل جرام واحد من الأيدروچين وتتحد بثمانية جرامات من الأكسچين ولكن ٨ جرامات من الأوكسچين تتحد بجرام من الأيدروچين وكذلك ١٢٫٢ من الجرامات من المغنسيوم تحل محل ٣١٫٨ من الجرامات من النحاس ولكن ٣١٫٨ من الجرامات من النحاس تتحد بثمانية جرامات من الأكسچين وعلى هذا نرى أن ٣٥٫٥ من الجرامات من الكلور تتحد بجرام واحد من الأيدروچين وتتحد أيضا باثنى عشر جراما من المغنسيوم وبـ ٣١٫٨ من الجرامات من النحاس ويمكن بالاحتياط المناسب جعل فلز الصوديوم يحل محل الأيدروچين الداخل فى تركيب الماء أو الحوامض أو يحل محل الفلزات فى أملاحها فمثلا ٢٣ جراما من الصوديوم تحل محل جرام واحد من أيدروچين الماء أو الحوامض وتحل أيضا محل ١٢ جراما من المغنسيوم أو محل ٣١٫٨ من الجرامات من النحاس وهى مع ذلك تتحد بثمانية جرامات من الأكسچين أو بـ ٣٥٫٥ من الجرامات من الكلور .

جدول الأوزان المكافئة — يمكن ايراد عدد عظيم من الأمثلة المشابهة لما سبق ولكن نكتفى هنا بجدول صغير لبعض الأوزان المكافئة ويجب ألا ننسى أنه اذا كوّن عنصران أكثر من مركب واحد كان لهما وزنان مكافئان أو أكثر .

العنصر	الوزن المكافئ	العنصر	الوزن المكافئ
أيدروچين	١٫٠	مغنسيوم	١٢٫٢
أكسچين	٨٫٠	صوديوم	٢٣٫٠
كربون	٣٫٠	قصدير	٥٩٫٥
كلور	٣٥٫٥	خارصين	٣٢٫٧
ألمنيوم	٩٫٠	بوتاسيوم	٣٩٫٢
نحاس	٣١٫٨	كلسيوم	٢٠٫٠
حديد	٢٧٫٩		

أسئلة على الباب الثامن عشر

(١) وضح كيف تعيّن العلاقة بين الوزنين المكافئين لأى عنصرين تعيينا عمليا .

(٢) إذا كان ١٠٠ جرام من المغنسيوم تتحد بـ ٦٥٫٦ من الجرامات من الأكسچين وكان ٨ جرامات من الأكسچين تتحد بجرام واحد من الأيدروچين فعيّن الوزن المكافئ للمغنسيوم وبيّن كيف تحصل على هذه النتيجة بالعمل .

(٣) وضح العلاقات بين أوزان الفلزات التى تتحد بوزن معيّن من الأكسچين والتى يحل بعضها محل بعض فى أملاحها .

(٤) إذا اتحدت ثلاثة عناصر مثنى مكوّنة عدّة مركبات فوضح العلاقات التى تتوقعها بين هذه المركبات من حيث تركيبها ممثلا لجوابك .

(٥) إذا أعطيت عنصرا فلزيا لاتعرفه فبيّن طريق عملك لتعيين وزنه المكافئ .

(٦) اشرح كيف تعيّن وزن الأيدروچين الحادث من تأثير جرام واحد من الألمنيوم فى كمية من حامض الكلوردريك تزيد على ما يلزم لاحداث التفاعل .

(٧) فى أى الأحوال يكافئ ٤٫٩ من الجرامات من حامض الكبريتيك ٦٫٣ من الجرامات من حامض الأزوتيك وفى أى الأحوال يكافئ ١٢ جراما من المغنسيوم ٣٢٫٥ من الجرامات من الخارصين ؟

(٨) كيف تعيّن الوزن المكافئ للحديد ؟ ارسم شكل الجهاز الذى تستعمله واشرح ما تتخذه من الاحتياط للحصول على نتيجة صحيحة وإذا أعطيت قطعة من سلك حديدى رفيع وشيأ من كبريتات النحاس فكيف تعيّن الوزن المكافئ للنحاس ؟

تمارين عملية

(١) عيّن وزن النحاس المزاح من كبريتات النحاس بواسطة وزن معلوم من المغنسيوم بأن تجمع النحاس على ورقة رشح بعد تجفيفها ووزنها ثم تغسلها مرّات وتجففها هى والنحاس فى فرن بخار وتعيّن وزنهما معا .

(٢) أذب وزنا معلوما من الفضة النقية فى حامض الأزوتيك المخفف بما يساوى نصف حجمه من الماء مستعملا دورقا ثم انقل ما فيه الى وعاء معلوم الوزن واغسل الدورق بقليل من الماء المقطر ثلاث مرات وصب فى الوعاء الماء المستعمل فى الغسل ثم أضف من حامض الكلوردريك ما يزيد على ما يلزم لتكوين الراسب ثم بخر المحلول حتى يجف ويسخن النتاج بلهب مكشوف ليخرج الحامض . عيّن وزن كلورور الفضة واحسب وزن الفضة الاتحادى مع العلم أن وزن الكلور الاتحادى يساوى ٣٥٫٥ .

الباب التاسع عشر — النوشادر

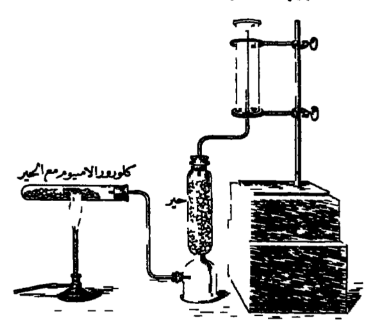
(٥١) النوشادر وتجهيزه وخواصه

تدريب ١٠٢ — تجهيز النوشادر .

(أ) اخلط فى أنبوبة اختبار قليلا من ملح النوشادر والجير المطفأ ثم أدفئ المخلوط إدفاء هينا ولاحظ رائحة الغاز الصاعد وأدخل فى فوهة الأنبوبة قطعة من ورق عباد الشمس الأحمر مبلولة بالماء .

(ب) لتجهيز مقادير وافرة من هذا الغاز املأ أنبوبة إغلاء (أى أنبوبة اختبار كبيرة) من مخلوط مكوّن من وزنين متساويين أحدهما من ملح النوشادر والآخر من الجير المطفأ ثم صل الأنبوبة كما فى (شكل ٧١) بالفوهة السفلى من برج تجفيف مملوء بقطع من الجير الحىّ وركب على الفوهة العليا للبرج أنبوبة وصل ليتسنى جمع الغاز بالأزاحة العلوية ويحسن عند جمعه سدّ فوهات المخابير بقطعة من الورق المقوّى مثقوبة ثقبا تنفذ منه أنبوبة الوصل فان لم يتيسر برج التجفيف أمكن تجفيف الغاز بأمراره فى أنبوبة اختبار مركب عليها أنبوبتان إحداهما

طويلة والأخرى قصيرة كما فى قنينة التجفيف المبينة (بشكل ٦٦) ولكن يوضع فى القنينة قطع الجير بدلا من الزجاج المكسر وبعد ملء خمسة مخابير بالغاز أزح برج التجفيف وأمر الغاز بواسطة أنبوبة وصل فى أنبوبة اختبار تحتوى على قليل من سنتيمترات مكعبة من الماء واحذر من أن ينقطع صعود الغاز وإلا رجع الماء الى أنبوبة الاختبار .



(شكل ٧١) تجهيز النوشادر

تدريب ١٠٣ — خواص النوشادر .

(ا) صف مظهر هذا الغاز ورائحته واحذر ان تحاول استنشاقه وإلا نشأ ضرر عظيم .

(ب) غط المخبار المملوء بالنوشادر بإحكام ثم ضع فوهته تحت سطح الماء وانزع الغطاء واشرح ووضح النتيجة .

(حـ) أدخل شمعة رفيعة موقدة فى مخبار مملوء بالنوشادر منكسة فوهته . هل هذا الغاز يحترق أو يساعد على الاحتراق ؟

(ء) قرّب من فوهة أحد المخابير المملوءة بالغاز قضيبا من الزجاج قد غمس فى حامض الكلوردريك ولاحظ مايتكون .

(هـ) ضع فوهة مخبار مملوء بالنوشادر على فوهة آخر مملوء بكلورور الأيدروچين و بينما هما كذلك أزح غطاءيهما حتى يمتزج الغازان ولاحظ النتيجة ولاحظ أيضا خواص الجسم الصلب الذى يركد على جوانب الدورقين .

تدريب ١٠٤ — خواص محلول النوشادر .

(أ) افحص المحلول المجهز فى تدريب ١٠٢ (ب) ولاحظ تأثيره فى عباد الشمس ثم ادفئه وراقب ما يحصل ثم اغله عدة دقائق واختبر المحلول المغلى . هل لا يزال يحتوى على نوشادر ؟

(ب) خذ نحو ١٠ سم^٣ من محلول النوشادر المشبع (من رف الزجاجات) وأضف اليها حامض الكلوردريك المخفف من سحاحة أضافة تدريجية حتى يبتدى المخلوط فى أن تكون له صفة تحويل ورق عباد الشمس الأزرق أحمر وفى أثناء العملية حرك المخلوط آنا فآنا وضعه على حمام الماء يبخر حتى يجف . لاحظ مظهر الجسم الصلب الحادث وقارنه بملح النوشادر وعيّن على الخصوص نتيجة تسخينه فى أنبوبة اختبار (١) وحده (٢) ممزوجا بكمية من الجير المطفأ مساوية له .

(حـ) وبمثل هذه الطريقة عادل محلول النوشادر بحامض الكبريتيك المخفف وحصل الجسم الصلب الناشئ .

(ء) هل خواص محلول النوشادر تشابه خواص محلول قلوى خفيف أو محلول قلوى كاو ؟

روح قرن الإيّل — قد عرف منذ قرون أنه اذا سخن بعض المواد الحيوانية كالقرون وقلامة الحوافر فى وعاء مقفل وأمر البخار الناتج فى الماء حصل سائل ذو رائحة نافذة خواصه قلوية وقد كان هذا السائل يسمى بروح قرن الايل لما يستعمل فى تجهيزه من المواد وكان يصنع أيضا بتسخين مخلوط من ملح النوشادر والجير المطفأ وإمرار البخار الصاعد فى الماء وبذا كان يسمى بروح النوشادر المتطاير وملح النوشادر هذا كان يجلب إذ ذاك من آسيا الصغرى على الأخص وأوّل من جمع نتاج تسخين ملح النوشادر والجير فوق الزئبق هو "بريستلى" الكيميائى الانجليزى وهو الذى برهن أنه غاز عديم اللون عظيم القابلية للذوبان فى الماء .

تجهيز النوشادر — لذلك يسخن مخلوط جزأين متساويين أحدهما من ملح النوشادر والآخر من الجير المطفأ فى أنبوبة اختبار كبيرة ويمرّ الغاز الحاصل فى برج تجفيف مملوء بقطع من الجير الحىّ (شكل ٧١) وسبب استعمال الجير هنا أن غاز النوشادر يتحد بكلورور الكلسيوم وحامض الكبريتيك ومن حيث انه أخف من الهواء

يمكن جمعه بالازاحة العلوية أو فوق الزئبق اذا أريد ذلك واذا أريد الحصول على محلول هذا الغاز يفصل برج التجفيف عن الجهاز ويُمرّ الغاز فى الماء بواسطة أنبوبة وصل مستقيمة ويرى أثناء الذوبان أن فقاقيع الغاز تمتص عن آخرها فاذا شوهدت تمرّ بدون تغير أمكن اعتبار المحلول مشبعا .

خواص غاز النوشادر الطبيعية — النوشادر غاز شفاف عديم اللون كثافته أقل من نصف كثافة الهواء ويمكن تحويله الى سائل فى درجات الحرارة الاعتيادية بتأثير الضغط فقط أو بتبريده الى — ٣٤° مئوية فاذا زيد فى تبريده يتحوّل الى جسم صلب أبيض وهذا الغاز قابل جدّا للذوبان فى الماء فان كل ١ س م^3 من الماء يذيب ١١٤٨ س م^3 منه فى درجة الصفر المئوى ومحلوله المشبع أقل كثافة من الماء فكل ١ س م^3 منه يعادل ٠,٨٨ من الجرام .

خواص النوشادر الكيميائية — إذا وضعت شمعة رفيعة موقدة فى غاز النوشادر فانها تنطفئ حالا واذا قربت من فوهة اناء مملوء منه احترق الغاز أثناء تسخينه بهذا اللهب ولكن لا يستمر احتراقه اذا أزيل اللهب واذا مرّ تيار من الأكسجين فى محلول النوشادر المشبع كان الغاز الخارج مزيجا من النوشادر والأكسجين يحترق بسهولة اذا أشعل وليس للنوشادر الجاف تأثير فى عباد الشمس ولكن خواصه رطبا أو محلولا قلوية قوية ومحلوله يؤثر فى الحوامض فيحدث فيها التعادل .

الأملاح المتكوّنة من النوشادر — إذا تعادل حامض الكلوردريك مع محلول النوشادر وبخر السائل على حمام الماء حصل جسم صلب أبيض بلورى لو مزج بحامض الكبريتيك المركز لنتج كلورور الأيدروجين ولو مزج محلوله بأزوتات الفضة لتكوّن كلورور الفضة راسبا أبيض (صفحة ١٥٨) أى أن خواصه إذن هى خواص كلورور وهو فى الحقيقة يشابه كلورور الصوديوم أو البوتاسيوم ولكنه اذا سخن مع الجير صعد منه غاز النوشادر وبالفحص يرى أن هذا الجسم الصلب مطابق للمادة التى سميناها حتى الآن بملح النوشادر وإذا تعادل حامض الكبريتيك بمحلول النوشادر نشأ ملح يشابه الكبريتات الأخرى وهكذا ينتج من تعادل حامض الأزوتيك بهذا المحلول أزوتات ومن تعادل حامض الخليك ينتج خلات والواقع أن تأثير محلول النوشادر فى الماء يشابه تأثير محلول ادركسيد قلوى وأن الأملاح المتكوّنة من محلول النوشادر تشابه أملاح البوتاسيوم والصوديوم وتعرف بأملاح الأمنيوم كأنها مكوّنة

من ادركسيد فلز يسمى (الأمنيوم) وهذا الفلز لا وجود له ولكن فعل محلول النوشادر فى الماء يظهر فى أحوال كثيرة كأنه يحتوى على أدركسيد هذا الفلز الموهوم فملح النوشادر لهذا يسمى بكلورور الأمنيوم .

اتحاد النوشادر بكلورور الأيدروچين — يتحد غاز النوشادر مباشرة بكلورور الأيدروچين ولبيان ذلك يملأ مخباران متساويان فى الحجم أحدهما بالنوشادر والآخر بكلورور الأيدروچين فوق الزئبق ثم يمزج الغازان فتحدث سحابة من بخار أبيض يستقر على الجوانب جسما صلبا أبيض ويتفاعل الغازان عن آخرهما أى أنهما يتحدان فى حجوم متساوية ويكوّنان ملح كلورور الأمنيوم كما لو تفاعل محلولاهما فيمكن أن نقول :

حجم واحد من النوشادر + حجما واحدا من كلورور الأيدروچين
= كلورور الأمنيوم (جسم صلب)

ولكون النتاج جسما صلبا نراه لا يشغل شيئا يذكر من الفراغ بالنسبة لما يشغله الغازان وعلى نحو ماتقدّم يتحد النوشادر مباشرة بثانى أكسيد الكربون مكوّنا جسما صلبا أبيض بعضه كربونات الأمنيوم .

أملاح الأمنيوم — تتطاير أملاح الأمنيوم عند تسخينها وتتحلل على العموم الى النوشادر والحامض اللذين تكوّنت منهما فكلورور الأمنيوم مثلا يتجزأ الى نوشادر وحامض الكلوردريك وكذا كربونات الأمنيوم يتجزأ الى نوشادر وثانى أكسيد الكربون ولا تحدث هذه التجزئة اذا كان الملح تام الجفاف واذا سخنت أملاح الأمنيوم ممتزجة بقلوى كاوخرج غاز النوشادر فلو استعمل الجير المطفأ كما سبق فى تجهيز النوشادر من كلورور الأمنيوم (صفحة ١٧٦) فانه يدل على التفاعل هكذا :

كلورور الأمنيوم + ادركسيد الكلسيوم = كلورور الكلسيوم + ادركسيد الأمنيوم

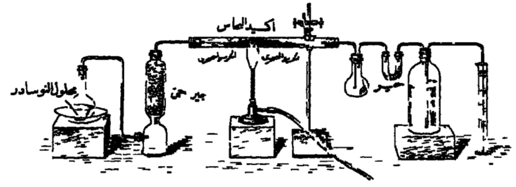
ومن حيث ان محلول النوشادر فى الماء يتجزأ حالا بالتسخين الى نوشادر وماء فانتجة التفاعل النهائية هى :

كلورور الكلسيوم وماء ونوشادر

ويمكن استخدام هذا التفاعل فى تجهيز النوشادر من أى ملح من أملاح الأمنيوم هذا الى فائدته فى كشف أملاح الأمنيوم فى المحلولات وذلك بمزج المحلول بمحلول ادركسيد الصوديوم وتسخين المخلوط حتى اذا صعد غاز النوشادر المعروف برائحته حكم بوجود ملح الأمنيوم .

(٥٢) تركيب النوشادر

أكسدة النوشادر — يمكن أكسدة النوشادر بإمراره على أكسيد النحاس المسخن فى أنبوبة زجاج متينة ولتحصيل أنتجة هذا التغير يستعمل الجهاز المبين (بشكل ٧٢) فيدفأ دورق يحتوى على محلول مركز من غاز النوشادر إدفاء يسيرا ويجفف النوشادر الحاصل بإمراره على الجير الحىّ فى برج تجفيف ثم يمرّ فى أنبوبة تحتوى على أكسيد النحاس قد وصل بها دورق صغير فارغ وأنبوبة ذات شعبتين مشحونة بقطع من الصودا الكاوية أو الجير الحىّ ثم يمرّ الغاز فى قنينة كبيرة مملوءة بحامض الكبريتيك المخفف جدّا قد ركبت عليها أنبوبة ممص مهيأة بحيث يطرد الحامض المخفف من القنينة بمجرد دخول الغاز فيها وفى أثناء إدفاء محلول النوشادر إدفاء يسيرا لطرد الغاز منه يسخن أكسيد النحاس فيتغير لون الأكسيد الأسود بعض الشئ فى وقت قصير ويرى قطرات من سائل يتكاثف فى الأنبوبة وفى دورق التحصيل ويدخل القنينة الكبيرة غاز عديم اللون فيمتص أكثره ببطء بواسطة الحامض المخفف دلالة على أنه نوشادر وصل اليها غير متغير ويبقى بعضه غير ممتص وهذا لا بدّ أن يحتوى على الأخص على نتاج التفاعل الحادث بين النوشادر وأكسيد النحاس كما يحتوى على شئ يسير من الهواء الذى كان يملأ الجهاز أوّلا .



(شكل ٧٢) تعيين تركيب النوشادر

فإذا برد الجهاز وفحصت أنتجة التفاعل يرى :

(١) أن أكسيد النحاس اختزل الى نحاس (راجع اختزال أكسيد النحاس بواسطة الأيدروجين "صفحة ٨٥") .

(٢) وأن السائل الرائق المتكاثف فى الدورق ماء .

(٣) وأن الغاز الذى بالقنينة لا لون له ولا رائحة ولا يحترق كما أنه لايساعد على الاحتراق ولا يؤثر فى ماء الجير ولا على ورق عباد الشمس أى أنه الأزوت .

ومن حيث انه قد تكوّن ماء فى هذا التفاعل فالنوشادر يجب أن يتركب من الأيدروچين متحدا بالأزوت .

تركيب النوشادر بالوزن — يسهل تعيين وزن الأيدروچين والأزوت اللذين يتحدان فيكوّنان النوشادر وذلك بتغيير بسيط فى التجربة السابقة فتوزن الأنبوبة المحتوية على أكسيد النحاس قبل التسخين وبعده وبذا يعلم وزن الأكسجين الذى اتحد فكوّن الماء ويوزن أيضا دورق التحصيل والأنابيب ذات الشعبتين المشحونة بالصودا وبذا يعيّن وزن الماء الذى تكوّن بالفعل ومن هاتين النتيجتين يعلم وزن الأيدروچين الذى اتحد بالأكسجين لأحداث الماء ثم يقاس حجم الحامض المخفف الذى خرج من القنينة الكبيرة ومنه يعلم حجم الأزوت وبمعرفة كثافته يحسب وزنه وبمراجعة النتائج المثبتة بعد تظهر طريقة الحساب جليا ويجب أن يتخذ شئ من الاحتياط فى العمل فتؤخذ أنبوبة ثالثة ذات شعبتين مملوءة بالصودا الكاوية وتوضع بين الأنبوبتين المتخذتين لامتصاص الماء وبين القنينة الكبيرة التى يجمع فيها الأزوت وفائدة هذه الأنبوبة منع بخار الماء الذى يجذب نحوها من القنينة الكبيرة من الدخول فى أنبوبتى الامتصاص وتغيير وزنهما وعند الانتهاء من التجربة يجب تسخين الأنبوبة المحتوية على أكسيد النحاس باعتناء من أوّلها الى آخرها فتخرج كل قطرة من ماء تكوّنت وتدخل الدورق والأنابيب كما يجب أثناء الوزن قبل البدء فى التجربة وبعد الانتهاء منها أن تسدّ الأنبوبة المحتوية على أكسيد النحاس وكذا الدورق والأنابيب ذات الشعبتين إما بمقابض وإما بسدادات وهاك مثالا لما يمكن أن يحصل عليه من النتائج فى تجربة كهذه .

وزن الأنبوبة وأكسيد النحاس قبل التجربة ... = ٣٥,٣٥٧ من الجرامات
« « « « « بعد « ... = ٣٤,٣٥٩ «
∴ « الأكسجين المستعمل ... ... = ٠,٩٩٨ من الجرام
« الدورق والأنابيب ذات الشعبتين بعد التجربة = ٤١,٨٣١ من الجرامات
« « « « « « قبل « = ٤٠,٧٣٦ «
∴ « الماء المتكوّن... ... ... = ١,٠٩٥ «

حجم الأزوت المتجمع فى درجة حرارة ١٥° مئوية تحت ضغط ٧٥٠ ملليمترا... ... ... = ٤٧٥,٧ سـ م٣

∴ حجم الازوت فى درجة حرارة صفر مئوية تحت ضغط ٧٦٠ ملليمترا ... ... = ٤٤٥ سـ م

ولكن وزن اللتر من الأزوت فى درجة حرارة صفر تحت ضغط ٧٦٠ ملليمترا... ... ... = ١٫٢٥٠ من الجرامات

∴ وزن ٤٤٥ سـ م٣ من الأزوت فى درجة حرارة صفر تحت ضغط ٧٦٠ ملليمترا... ... ... = ٠٫٥٥٦ من الجرام

ثم ان وزن الأكسجين المستعمل... ... ... = ٠٫٩٩٨ من الجرام

ولكن ٨ جرامات من الأكسجين تتحد بجرام واحد من الأيدروچين

∴ وزن الأيدروچين المؤكسد ... ... = ٠٫١٢٥ من الجرام

ولما كان وزن المـاء المتكون... ... ... = ١٫٠٩٥ من الجرامات

وكان ٩ جرامات من المـاء تحتوى على جرام واحد من الأيدروچين

∴ وزن الأيدروچين المؤكسد... ... ... = ٠٫١٣٢ من الجرام

و بأخذ متوسط النتيجتين الأخيرتين .

يرى أن وزن الأيدروچين المؤكسد ... ... = ٠٫١٢٤ من الجرام

∴ ٠٫١٢٤ من الجرام من الأيدروچين تتحد بـ ٠٫٥٥٦ من الجرام من الأزوت لتكون ٠٫٦٧٦ من الجرام من النوشادر .

∴ جرام واحد من الأيدروچين يتحـد بـ ٤٫٤٨ من الجرامات من الأزوت ليكون ٥٫٤٨ من الجرامات من النوشادر .

و يستنتج من أدق التجارب التى أجريت أن وزن الأزوت المكافئ يساوى ٤٫٦٣٣

أســـئلة على البـاب التاسع عشر

(١) اشرح تجهيز النوشادر واذكر خواصه الكيميائية و بين هل يصح القول أن النوشادر قلوى .

(٢) ما النتاج الحاصل من مزج غاز النوشادر بثانى أكسيد الكربون اذا وجد قليل من المـاء معهما والى أى نوع من أنواع المركبات ينتسب هذا النتاج ؟

(٣) كيف تبرهن على أن غاز النوشـادر مركب من الأيدروجين والأزوت وليس مزيجا منهما ؟

(٤) اشرح كيف تحصـــل من النوشادر على نموذج من كل من العنصرين اللذين يتركب منهما .

(٥) كيف يعين تركيب النوشادر بالوزن ؟ اشرح الطريقة المستعملة فى ذلك شرحا مفصـــلا .
(٦) كيف يجهز ملح من النوشادر ؟ وكيف يحصل على النوشادر من هذا الملح ؟
(٧) ما تعرفه عن اتحـاد النوشادر بكلورور الأيدروجين وما يحدث اذا كان النتاج الصلب : (ا) يسخن وحده (ب) يسخن مع الجير المطفأ ؟
(٨) اشرح الخواص الشهيرة للنوشادر ولمحلول النوشادر وبين نتيجة تسخين المحلول .

تمـارين عمليـــة

(١) أمر النوشادر على أكسيد النحاس الأسود المسخن وحقق طبيعة أنتجة ثلاثة : جسم صلب وسائل وغاز .
(٢) جهز ملحا من تفاعل محلول النوشادر وحامض الأزوتيك المخفف وسخن محلولا من هذا الملح مع محلول آخر من الصودا الكاوية وبيّن نوع الغاز الحاصل .
(٣) اخلط حجمين متساويين من النوشادر وثانى أكسيد الكربون خلطا جيدا وعند مايركد النتاج الصلب انظر هل بقى مقدار كبير من أحد الغازين لم يتغير وافحص تفاعلات الجسم الصلب (ا) مع الحوامض (ب) مع محلول الصودا الكاوية .

البـاب العشرون ــ حامض الأزوتيك والأزوتاتات

(٥٣) ملح البارود وحامض الأزوتيك

تحـــذير : يجب تناول حامض الأزوتيك بالاحتراس والعناية لأنه يحرق الجلد والملابس .

تدريب ١٠٥ ــ خـــواص ملح البـارود .

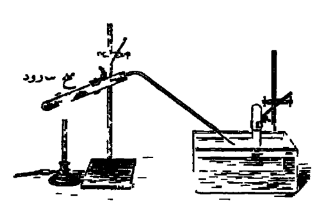
(ا) افحص شيئا من بلورات ملح البارود بواسطة عدسة ولاحظ مظهر بلوراته الصغيرة النامية على زجاجة ساعة وذق قطعة صغيرة منه ثم ارجع الى تدريب ٩ (أ) وبيّن هل ملح البارود قابل للذوبان فى المـاء ثم قل الى أى قسم من المواد ينتسب هـــذا الملح .

(ب) ضع بلورات من ملح البارود فى أنبوبة اختبار وسخنها تسخينا هينا رافعـا درجة الحرارة تدريجا ملاحظا ما يحدث بالدقة . هل يمكن تقطير السائل الحاصل ؟

(ح) خذ كمية صغيرة من ملح البارود واصهرها فى بودقة ثم ارم فيها قطعا صغيرة من فحم الخشب والكبريت ولاحظ ما يحدث .

(ى) اغمس ورقة تنشيف فى محلول ملح البارود المشبع ثم جففها وأوقد أحد أطرافها وبيّن تأثير ملح البارود فى احتراقها .

(ه) خذ أنبوبة زجاج متينة لهـا سداد محكم تنفذ منه أنبوبة وصل كما هو مبيّن (بشكل ٧٣) ثم املأ نحو ربع الأنبوبة بملح البارود وسخنها واجمع الغاز الحاصل فى أنابيب اختبار واسعة فوق المـاء وضع فى إحدى هـذه الأنابيب قشرة خشب متوهجة وفى أخرى قطعة من الخشب عليها كبريت محترق ومما يحدث فى كل من هاتين الحالتين عيّن خواص الغاز الناتج فاذا انقطع خروج الغاز فدع الأنبوبة تبرد ولاحظ مظهر المادة الباقية فيها .



(شكل ٧٣)
جمع الغاز المتكون من تسخين ملح البارود

(و) قارن نتيجة إضافة حامض الكلوردريك المخفف الى ملح البارود بنتيجة إضافتـه الى الجسم الصلب الباقى بعد تسخين هـذا الملح . ما هو الدليل على اختلاف هاتين المـادتين ؟

(ز) ضع قليـلا من ملح البارود فى أنبوبة اختبار واغمره بحامض الكبريتيك المركز ثم سخنه ولاحظ أثناء التسخين مظهر جوانب الأنبوبة على الأخص واشرح خواص المـادة أثناء التسخين .

تدريب ١٠٦ — حامض الأزوتيك .

(ا) جهز السائل الذى رأيت تكوّنه بتدريب ١٠٥ (ح) بالطريقة الآتية وذلك بأن تضع فى معوجة جافة نحو ١٥ جراما من مسحوق ملح البـارود وتدخل فى فوهتها قمعا على شكل زهرة الحسك وتسكب فيه من حامض الكبريتيك المركز ما يكفى لغمر الملح ثم ترفع القمع وترجع السـداد مكانه وتسخن المخلوط على حمام رمل

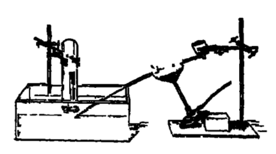
جامعا السائل المتكوّن فى دورق صغير يبقى باردا بواسطة المـاء وعنـد ما تظهر بلورات على جوانب المعوجة أطفئ اللهب وخذ الدورق المحتوى على السائل ثم اسكب ما فى المعوجة فى صحن بخر فيه ماء .

(ب) لاحظ مظهر ما تجمع من السائل وشم البخار الصاعد ثم سخن قليلا منه فى أنبوبة اختبار وسم البخار الصاعد أيضا مع الحذر ثم لاحظ تأثير هـذا السائل فى عباد الشمس وقارنه بحامض الأزوتيك الذى سبق فحصه بتدريب (٢٨) .

(حـ) ضع فى كل من ثلاث أنابيب اختبار فيها قليل من السائل قطعا من الخارصين والحـديد والنحاس ولاحظ ما يحدث للفلز فى كل حالة ثم اشرح مظهر الغـاز المتكوّن . هل هو أيدروچين ؟ قارن بين هذه النتائج وبين ما يحدث عند إذابة حامض الأزوتيك لكل من هذه الفلزات .

تدريب ١٠٧ — تأثير الحرارة فى حامض الأزوتيك .

(أ) أعدّ (شبكا) من الفخار كما ترى فى (شكل ٧٤) وسخن الساق تسخينا شديدا فى وسطها واسكب فى مستودع الشبـك حامض الأزوتيـك المركز ببطء من قمع تنفيط ثم اجمع النتـاج فى دورق جاف ولاحظ بالدقـة ما يتكوّن من المواد .



(شكل ٧٤)
تأثير الحرارة فى حامض الأزوتيك

(ب) أزح الدورق وضع طرف ساق (الشبك) فى الماء واستمر فى تسخينه جامعا الغاز الحاصل فى أنابيب اختبار فوق المـاء فاحصا له كما هو مبين بتدريب ١٠٥ (هـ) ومن ذلك بين طبيعته .

ملح البارود — يوجد كثير من هذه المـادة البلورية البيضاء فى أثراء بلاد المنطقة الحارة كالهند وتحدث من تعفن بقايا الحيوانات ويحصل عليه صلبا بغسل الثرى بالمـاء ورشح المحـلول وبخره وهو قابل للذوبان بعض القبول فى المـاء الساخن ولكن ذوبانه فى المـاء البارد أقل كثيرا . تدريب ٩ (أ) .

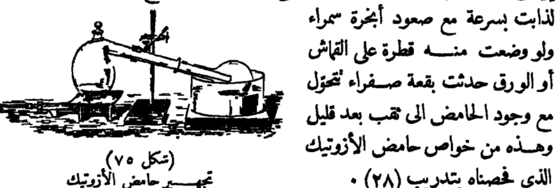
تأثير الحرارة فى ملح البارود — إذا سخنت بلورات ملح البـارود فى أنبوبة اختبار يرى أولا انهـا تتكسر مفرقعة فرقعات يسيرة وإذا رفعت درجة الحرارة تنصهر

و يظهر أنها تغلى ولكن لايتكاثف سائل على جوانب الأنبوبة كما يحدث لو تكوّن الماء أو سائل آخر والحقيقة أن الغليان الظاهر ناشئ من حدوث غاز يمكن جمعه فوق الماء فى أنابيب اختبار بواسطة أنبوبة وصل (شكل ٧٣) ويرى أنه عديم اللون غير قابل جدًا للذوبان فى الماء كما هو ظاهر واذا أدخل فيه عود كبريت مشعل اشتد لهبه ولو وضعت فيه قطعة خشب رقيقة متوهجة التهبت التهابا والغاز الوحيد الذى نعرف فيه هذه الخواص هو الأكسجين فاذا انقطع تكوّن الأكسجين وترك الملح الساخن يبرد يرى أنه يتحوّل الى جسم صلب ثانيا فملح البارود ينفصل بالحرارة الى أكسجين وجسم صلب لو وضع فى حامض الكلوردريك صعدت أبخرة سمراء وهو ما لانشاهده عند وضع ملح البارود فى هذا الحامض أى أن هذا الجسم الصلب ليس ملح البارود .

استعمال ملح البارود مؤكسدا — إذا وضع فى ملح البارود المنصهر قطع صغيرة من مادة سهلة الاحتراق كالكربون حدث تفاعل قوى ربما أدّى الى اشتعال هذه المادة واحتراقها واذا استعمل هنا الكربون فان الغاز الصاعد يحتوى على ثانى أكسيد الكربون وظاهر أن أكسجين ملح البارود يتركه ويؤثر فى المواد السهلة التأكسد .

تسخين ملح البارود مع حامض الكبريتيك المركز — عند تسخين ملح البارود مع حامض الكبريتيك المركز فى أنبوبة اختبار تصعد أبخرة تميل الى السمرة وتتكاثف على الجوانب الباردة للأنبوبة ولهذه الأبخرة رائحة حامضية غريبة ولمعرفة خواصها يحسن تجهيز كمية وافرة منها .

تجهيز حامض الأزوتيك — يوضع ٢٥ جراما من ملح البارود فى معوجة ذات سداد ويغمر بحامض الكبريتيك المركز ثم تثبت المعوجة فوق حمام الرمل بحيث تنفذ رقبتها فى دورق صغير الى أبعد مايمكن (شكل ٧٥) ثم يسخن المخلوط ويبرد الدورق بتيار من الماء أو بورقة رشح تكون رطبة دائما ويشاهد أنه يتكاثف فى الدورق سائل يميل الى السمرة وهو قوى الحموضة حتى لو وضعت فيه قطع من النحاس أو الحديد لذابت بسرعة مع صعود أبخرة سمراء ولو وضعت منه قطرة على القماش أو الورق حدثت بقعة صفراء تتحوّل مع وجود الحامض الى ثقب بعد قليل وهذه من خواص حامض الأزوتيك الذى خصصناه بتدريب (٢٨) .



(شكل ٧٥)
تجهيز حامض الأزوتيك

حامض الأزوتيك — حامض الأزوتيك المجهز بالطريقة التى ذكرناها سائل متلف جدا فيجب تناوله بالاحتياط وهو يتحلل بالتسخين الشديد فتحدث منه أبخرة حمراء قاتمة تشابه الأبخرة التى تصعد من تأثيره فى النحاس ويمكن تجهيز هذه الأبخرة بتثبيت (شبك) من الصحار طويل الساق كما فى (شكل ٧٤) وتسخن الساق تسخينا شديدا أثناء مرور حامض الأزوتيك المركز القاطر ببطء من قمع تنقيط فى مستودع (الشبك) واذا حُووِل جمع الغاز فوق الماء فان الغاز المحمر القاتم يذوب ولا يجمع إلا غاز عديم اللون يرى بعد فحصه أنه الأكسجين وسنبحث عن خواص هذه الأبخرة الحمراء القاتمة فيما يلى .

بيّنا أن الحوامض فى بابها تحتوى على الأيدروجين الذى يمكن أن يحل محله فلز كالخارصين اذا اختلطا ولكن لايحدث مثل ذلك اذا سكب حامض الأزوتيك على فلز كالخارصين فبدلا من صعود الأيدروجين تنشأ غازات أخرى مخالفة له بداهة فهنا نتساءل: (١) هل يحتوى حامض الأزوتيك على الأيدروجين أم هو مخالف من هذه الوجهة لغيره من الحوامض التى فحصناها ؟ (٢) وما الغازات التى تحدث من تأثير الفلزات فى حامض الأزوتيك ؟

ويحسن الآن أن نبدأ بالبحث فى تأثيرات هذا الحامض ثم نرجع الى موضوع تركيبه .

(٥٤) تأثيرات حامض الأزوتيك

تحذير : يجب اجراء التجارب التى يستعمل فيها حامض الأزوتيك المركز فى خزانة البخار .

تدريب ١٠٨ — قوة حامض الأزوتيك فى أكسدة المواد .

(أ) سخن كمية صغيرة من النشارة على لوح من الحديد (يمكن استخدام حمام الرمل لهذا الغرض) ونقط على النشارة الدفئة قطرات قليلة من حامض الأزوتيك المركز ولاحظ ما يحدث لها ثم صف الغاز الحاصل فى هذا التفاعل .

(ب) جهز أكسيدى الخارصين والقصدير بإدفاء الفلزين مع حامض الأزوتيك المركز إدفاء يسيرا ثم تسخينهما تسخينا شديدا بمجرد انقطاع ظهور الأبخرة . إغلاء مايبقى من السائل حتى يتبخر ثم افحص الأكسيدين الحاصلين .

تدريب ١٠٩ — الأملاح الناشئة من حامض الأزوتيك .

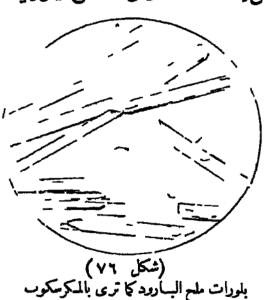
(ا) أضف بالتدريج الى حامض الأزوتيك المخفف محلولا مخففا من البوتاسا الكاوية حتى يتعادل المحلوط ولإدراك التعادل يفحص المخلوط بأخذ قطرات منه على طرف قضيب من الزجاج ووضعها على ورق عباد الشمس ثم يبخر السائل حتى يجف ويقارن بين الجسم الصلب الحاصل وبين ملح البارود تدريب ١٠٥ (ا) ، (ب) ، (ح) .

(ب) أضف محلول النوشادر الى حامض الأزوتيك المخفف حتى تصير رائحة السائل نشادرية قوية ثم يبخر السائل بلهب ضئيل أولا ثم بحمام البخار المائى وبعد أن يجف الجسم الصلب الحاصل افحصه واحتفظ بجزء منه لاستعماله فى تدريب ١١٥ (ا) .

(ح) أذب قطعا صغيرة من الرصاص فى حامض الأزوتيك المخفف وصف الغاز الحاصل ثم بخر المحلول حتى ينقص حجمه ويترك ليتبلور وتجفف البلورات بوضعها على ورقة تنشيف فى حجرة كاتمة . عيّن تأثير الحرارة فى هذه البلورات وأمر ما يخرج منها من الغاز بالتسخين فى الماء واذكر دليلك على أنه قد تكوّن غازان مختلفان وقارن خواص الغاز غير القابل للذوبان بخواص الأكسجين وكذا بين المادة الباقية بعد تسخين البلورات وبين اللثارج .

(د) جهز بطريقة مشابهة لهذه بلورات أزوتات النحاس وذلك بأن تذيب مخروط (خراطة) النحاس فى حامض الأزوتيك المخفف . افحص تأثير تسخين هذه البلورات .

تجهيز أملاح حامض الازوتيك — يمكن إحداث التعادل فى حامض الأزوتيك بمحلولات القلويات الكاوية أو بالكربوناتات وينشأ من ذلك أملاح تسمى بالأزوتاتات ويرى بفحص أزوتات البوتاسيوم (ذلك الملح الذى يحصل من حامض الأزوتيك مع ادركسيد البوتاسيوم) فحصا دقيقا أن شكله البلورى (شكل ٧٦) وقابلية ذوبانه وباقى خواصه الطبيعية تطابق تماما خواص ملح البارود (صفحة ١٨٤) هذا الى أنه اذا سخن يخرج منه الأكسجين فلملح البارود هو أزوتات البوتاسيوم .



(شكل ٧٦)
بلورات ملح البارود كما ترى بالمكرسكوب

أزوتات الصوديوم — هذا الملح يشابه أزوتات البوتاسيوم مشابهة عظيمة وهو مشهور باسم ملح بارود شيلي لوجود كثير منه فى ذلك القطر واذا أذيب أكسيد النحاس فى حامض الأزوتيك وبخر المحلول حصلت بلورات زرقاء من أزوتات النحاس ويرى أن المحلول الذى حدث من تأثير حامض الأزوتيك فى النحاس أزرق وبالبخر يحصل منه على بلورات زرقاء تطابق البلورات الناتجة من إذابة أكسيد النحاس أى أنه يحصل على أزوتات النحاس بكل من هاتين الطريقتين وكلتاهما تستعمل فى تجهيز أزوتات فلزات أخرى كالرصاص .

وكذلك يمكن إذابة كربونات أى فلز من الفلزات فى حامض الأزوتيك وينشأ من ذلك الأزوتات المناظر له وثانى أكسيد الكربون .

استعمال حامض الأزوتيك مؤكسدا — ينتج حامض الأزوتيك المركز مع بعض الفلزات الأخرى نتيجة مخالفة تماما لما سبق فمثلا عند غمر القصدير بهذا الحامض المركز تصعد سحب من غاز أسمر ويبقى جسم صلب أبيض غير قابل للذوبان فى الحامض يمكن تخليصه منه بغسله بالماء الذى لايذيبه واذا جفف مع الحذر حتى ذهب عنه الماء ثم سخن فى أنبوبة اختبار نشأ ماء ويبقى جسم صلب تراه أصفر وهو ساخن أبيض وهو بارد وهو أكسيد القصدير وظاهر أنه كان قبل تسخينه متحدا بعنصرى الماء ونتاج تأثير حامض الأزوتيك فى القصدير فى الحقيقة هو ادركسيد هذا الفلز واذا قطر حامض الأزوتيك المركز على النشارة السخنة تصير فحما وربما التهبت وتصعد منها أثناء ذلك سحب غازية سمراء فحامض الأزوتيك المركز هو مؤكسد قوى واذا أعطى أوكسجينه للمواد الأخرى اختزل محدثا هذا الغاز الأسمر على العموم ويمكن أكسدة فحم الخشب بحامض الأزوتيك المركز الساخن فيكون ثانى أكسيد الكربون أحد أنتجة التفاعل وتتكوّن أيضا سحب من الأبخرة السمراء .

تركيب حامض الأزوتيك — يظهر من هذه الأمثلة فى قوة حامض الأزوتيك فى أكسدة المواد أنه يحتوى على مقدار عظيم من الأكسجين الذى يعطيه للمواد الأخرى بسهولة واذا سخن هذا الحامض تسخينا شديدا فانه يحدث أكسجينا وأبخرة سمراء وبالفحص الدقيق يرى أيضا أن الماء يتكوّن فى هذا التحليل وكذلك اذا أمر شرر كهربائى فى مخلوط من الأكسجين والأزوت محصور فوق الماء حصل حامض

الازوتيك وظاهر إذن أن هذا الحامض يحتوى على مقدار عظيم من الأكسجين وأنه يحتوى أيضا على الأيدروچين كما يظهر من التجربتين الأخيرتين وإذا كان كذلك فلماذا لا يظهر الأيدروچين عند مايذوب فلز فى هذا الحامض ؟ أن خواصه المؤكسدة القوية تفسر هـذه الحقيقة إذ لو تكوّن شيء من الأيدروچين لتأكسد الى ماء فى الحال أثناء مروره فى الحامض وقد يبقى قليل من الأيدروچين من غير تأكسـد عند إذابة بعض الفلزات كالمغنسيوم فى حامض الأزوتيك المخفف جدًا .

ومع بعض الفلزات ينتج من التفاعل النوشادر الذى يتفاعل فى الحـال مع حامض الأزوتيك مكوّنا الملح الذى هو أزوتات الأمنيوم الممكن عزله عن السائل ولا شـك أن حدوث النوشادر يدل على طبيعة العنصر الثـالث الذى فى حامض الأزوتيك لأن النوشادر من مركبات الأزوت ولأن المصـدر الوحيد الذى يأتى منـه الأزوت هو حامض الأزوتيـك فحامض الأزوتيك يحتوى على الأزوت وقد أثبت هـذه الحقيقة "كفندش" (Cavendish) الذى أمر شرارات فى آلة كهربائية من مخلوط من الأكسچين والأزوت وقد حصر فوق محلول البوتاسا الكاوية فأظهر بذلك أن الغاز قل فى الحجم وأن ملح البارود (أزوتات البوتاسيوم) تكوّن فى المحلول .

وفى جميع الحالات التى يكون فيهـا حامض الأزوتيك مؤكسـدا أو مذيبـا لفلزات ينشأ غاز أسمر لو أمر على مخروط (خراطة) النحاس المسخن لتحوّل النحاس الى الأكسيد الأسود ويبـق غاز عديم اللون يمكن إثبات أنه الأزوت والغـاز الأسمر هو فى الحقيقة أكسيد أزوت .

اكسيد الأزوت + نحاسا = أكسيد النحاس + الأزوت

فحامض الأزوتيـك هو مركب أيدروچين وأكسچين وأزوت وإذا ذاب فيـه فلز كالخارصين حل الفلز محل الأيدروچين وتكوّن الملح الذى هو أزوتات الخارصين واختزل الأيدروچين بعض حامض الأزوتيك الذى يتجزأ بذلك الى ماء وأكسيد أزوت وتحصل الأزوتاتات سواء أذاب هـذا الحامض فلزا أو تعادل بقـاعدة فان الأيدروچين فى كلتا الحـالتين يحل محله الفلز فحامض الأزوتيك هو إذن أزوتات أيدروچين ويمكن التعبيـر عن تعادل حامض الأزوتيك بادركسيد البوتاسيوم هكذا :

أزوتات الأيدروچين + أدركسيد البوتاسيوم = أزوتات البوتاسيوم + أكسيد الأيدروچين (المـاء)

تأثير الحرارة فى الأزوتاتات — يحدث الأكسجين من تأثير الحرارة فى أزوتات البوتاسيوم (صفحة ١٨٤) ويبقى فى الأنبوبة بعد أن تبرد جسم صاب بلورى يختلف فى كثير من الوجوه عن ملح البارود فقابلية ذوبانهما وخواصهما الطبيعية الأخرى متباينة هذا الى أنه يتفاعل مع الحوامض المخففة الباردة بخلاف أزوتات البوتاسيوم مكوّنا أكسيد الأزوت الأسمر ولا تؤثر الحوامض المخففة مثل هذا التأثير ولو سخنت فى الأزوتاتات ويشابه هذا الملح الأزوتاتات فى بعض الوجوه ولكنه يحتوى على مقدار من الأكسجين أقل مما فى الأزوتاتات ولذا يسمى أزوتيت وهو ملح حامض الأزوتوز الذى يحتوى على أكسجين أقل مما يحتوى عليه حامض الأزوتيك .

وتؤثر الحرارة فى أكثر الأزوتاتات الأخرى محدثة مخلوط أكسيد الأزوت الأسمر (صفحة ١٩٣) والأكسجين فعند تسخين أزوتات النحاس مثلا تنشأ أبخرة سمراء لو أمرت فى الماء لذاب أكسيد الأزوت ولأمكن جمع غاز عديم اللون تسهل البرهنة على أنه الأكسجين وكذلك يمكن إثبات أن الناتج الصلب الباقى بعد التسخين هو أكسيد النحاس الأسود ويتكوّن هذان الغازان أيضا عند تسخين أزوتات الرصاص ويبقى اللثارج ويستخدم هذا التفاعل فى بعض الأحيان فى تجهيز أكسيد الأزوت .

أسئلة على الباب العشرين

(١) ما تأثير حامض الأزوتيك : (ا) فى القصدير (ب) فى النحاس (حـ) فى الرخام (ى) فى الصودا الكاوية ؟ أذكر خواص الأنتجة فى كل حالة .

(٢) اشرح بالدقة تأثير الحرارة : (ا) فى ملح البارود (ب) فى أزوتات الرصاص (حـ) فى حامض الأزوتيك المركز .

(٣) أذكر العناصر التى يتركب منها حامض الأزوتيك واشرح تجارب تبرهن بها على الاجابة .

(٤) اشرح تجربتين على الأقل للبرهنة على أن حامض الأزوتيك مؤكسد قوى .

(٥) كيف تجهز من أزوتات الرصاص نماذج من الرصاص وحامض الأزوتيك والنوشادر؟

(٦) اشرح مايحدث اذا أذيب : (ا) اللثارج (ب) صودا الغسيل فى حامض الأزوتيك ثم بخر كل من المحلولين حتى جف وسخن الجسم الصلب الباقى تسخينا شديدا .

(٧) اشرح نتيجة تسخين كل من : (ا) أزوتات الصوديوم (ب) أزوتات النحاس (حـ) أزوتات الأمنيوم وبيّن فى كل حالة ما يحدث من إضافة حامض الكبريتيك المخفف الدفئ الى الجسم الصلب المتخلف بعد التسخين ان كان ثم جسم صلب متخلف .

(٨) اشرح تجارب تدل على أن ملح البارود مؤكسد .

(٩) كيف تجهز ملحا من أملاح حامض الأزوتيك وكيف تحصل من الملح على الحامض ثانيا ؟

(١٠) إذا أعطيت كربونات الصوديوم وحامض الأزوتيك فبيّن كيف تحصل على غازين مختلفين وعلى جسمين صلبين مختلفين أيضا واشرح خواص هذه الأنتجة الأربعة .

(١١) ارسم الجهاز الذى يحتاج اليه فى تجهيز حامض الأزوتيك من ملح البارود مع زيت الزاج واشرح ما يحدث من التغير .

(١٢) ما التجارب التى تعملها للبرهنة على أن حامض الأزوتيك يحتوى على الأزوت ؟ صف الجهاز الذى تحتاج اليه فى تجاربك هذه ؟

(١٣) ما التأكسد ؟ وضح الاجابة بالرجوع الى التجارب التى عملتها فى حامض الأزوتيك والكلور .

(١٤) ما الخواص المشتركة بين جميع الحوامض ؟ وضح الجواب بالرجوع الى السائل الذى حصل من تقطير ملح البارود العادى مع حامض الكبريتيك .

(١٥) اشرح بالايجاز كيف يمكن الحصول على الأزوت من كل من المواد الآتية : (ا) الهواء (ب) النوشادر (حـ) حامض الأزوتيك . ما الطريقة التى تختارها اذا أردت الحصول على الأزوت النقى ؟ أذكر أسباب هذا الاختيار .

تمارين عملية

(١) جهز ملحا باذابة أكسيد النحاس الأسود فى حامض الأزوتيك وقارن هذا الملح بالجسم الصلب الحاصل من بخر محلول كربونات النحاس فى حامض الأزوتيك .

(٢) عيّن تأثير تسخين أزوتات النحاس .

(٣) ابحث عن تأثير تسخين أزوتات الرصاص مع حامض الكبريتيك المركز (ا) وحدهما (ب) مع قطع صغيرة من النحاس .

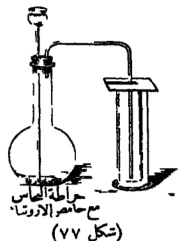
الباب الحادى والعشرون ـ أكاسيد الأزوت

(٥٥) أكسيد الأزوت الأسمر

تدريب ١١٠ ـ تأثير حامض الأزوتيك فى النحاس ـ ضع شيئا من مخروط (خراطة) النحاس فى أنبوبة اختبار ثم اغمره (المخروط) بحامض الأزوتيك المركز ولاحظ خواص الغاز الصاعد ولون السائل بعد أن يذوب النحاس .

تدريب ١١١ ـ تجهيز أكسيد الأزوت الأسمر .

(ا) أعدّ الجهاز المبين (بشكل ٧٧) وضع فى الدورق نحو ٢٠ جراما من مخروط النحاس واسكب عليه كمية من حامض الأزوتيك المخفف بما يساوى نصف حجمه من الماء بشرط أن تكون كافية لغمس النهاية السفلى للقمع الذى على شكل زهرة الحسك ثم اجمع الغاز فى مخابير بالإزاحة السفلية واذا اشتدّ التفاعل وتكوّن الغاز بسرعة عظيمة فبرد الدورق بوضعه فى الماء واملأ ستة مخابير من الغاز ثم ضع طرف أنبوبة الوصل تحت سطح الماء ولاحظ ما يحدث جامعا ما يحصل من الغاز .



(شكل ٧٧)
تجهيز أكسيد الازوت الأسمر

تدريب ١١٢ ـ خواص أكسيد الأزوت الأسمر .

(ا) نكس فوهة أحد الأوانى المملوءة بالغاز فى الماء ولاحظ ما يحدث ثم عيّن تأثير الماء الذى دخل الأنية فى ورق عباد الشمس .

(ب) اشرح ما حدث عند إمرار الغاز فى الماء بتدريب ١١١ (ا) . هل جمع غاز ما ؟ واذا كان كذلك فهل هذا الغاز هو أكسيد الأزوت الأسمر ؟

(حـ) هل تبقى المواد الآتية محترقة فى هذا الغاز الأسمر : شمعة رفيعة وشريط من المغنسيوم وقطعة من الكبريت والفسفور ؟ وعند تمام الاحتراق فى كل افحص

المادة الحادثة سواء كانت جسما صلبا أو سائلا أو غازا ويجب فى الفسفور والمغنسيوم تغطية الاناء بعد الاحتراق حتى يركد البخار ثم يعيّن الغاز الباقى فى الاناء .

نتاج النحاس مع حامض الأزوتيك المركز — إذا وضعت قطع قليلة من النحاس فى أنبوبة اختبار وغمرت بحامض الأزوتيك المركز فان التفاعل يكون قويا ويصعد غاز أسمر يميل الى الحمرة وإذا كان لأنبوبة الاختبار سداد محكم من الفلين تنفذ منه أنبوبة وصل ثم أمر الغاز الحاصل فى الماء فانه يذوب بسهولة ويكون المحلول حامضيا كما يظهر بالفحص بورق عباد الشمس وإذا جهز من الغاز مقدار وافر واستعمل دورق بدل أنبوبة الاختبار أمكن ملء دورق معلوم الوزن بسهولة بالطريقة المبينة (بشكل ٢٢) فبذا يمكن معرفة وزن الغاز الذى يملأ هذا الدورق وحجمه (كما هو مبين بصفحة ٣٤) ومنهما تعرف الكثافة التى تساوى ٣ جرامات تقريبا فى كل لتر اذا اعتبر أن اللتر وحدة المقياس فهذا الغاز أكثف من الهواء كثيرا ويمكن جمعه بالازاحة السفلية (شكل ٧٧) ويرى أن المواد الملتهبة تكاد تحترق فى المخابير المملوءة بهذا الغاز كما تحترق فى الهواء .

احتراق الفسفور فى أكسيد الأزوت الأسمر — يمكن إدخال الفسفور الملتهب فى قنينة مملوءة بهذا الغاز بملعقة احراق ينفذ ساقها فى سداد محكم من الفلين فتسدّ فوهة القنينة سدّا تاما بعد إدخال الفسفور (شكل ٧٨) .

(شكل ٧٨)
احراق الفسفور فى أكسيد الأزوت الاسمر

وفى أثناء احتراق الفسفور تمتلئ القنينة بالبخار الذى يركد اذا برد على جوانبها وقعرها وهو يشابه تماما أكسيد الفسفور الحادث من احتراق الفسفور فى الأكسجين وإذا فتحت القنينة تحت الماء لا يتغير الحجم إلا قليلا جدّا . هذا اذا تغير ويمكن البرهنة على أن هذا الغاز الباقى بالقنينة هو الأزوت والجسم الصلب الراكد يذوب بسهولة فى الماء محدثا محلولا حامضيا فيظهر من هذه التجربة :

(١) أن احتراق الفسفور فى الغاز الأسمر ينتج الأزوت .

(٢) أن الجسم الصلب الناتج أكسيد فسفور .

وبمثل هذا يحترق المغنسيوم فى هذا الغاز الأسمر تاركا بخارا أبيض يتحوّل بعد التبريد الى جسم صلب يشابه أكسيد المغنسيوم .

ويحدث هذا الغاز الأحمر القاتم من إمرار شرر كهربائى فى مخلوط من الآزوت والاكسجين .

وهذه النتيجة تحقق فكرة أن هذا الغاز هو أكسيد الأزوت وأن الفسفور أو المغنسيوم المحترقين يتحدان بما فى الأكسيد من الأكسجين ويتركان الأزوت وحده .

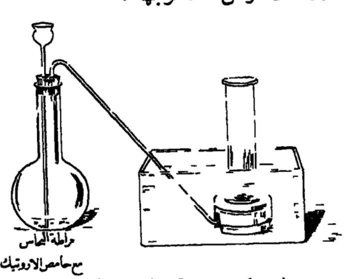
(٥٦) أكسيد الأزوتيك

تدريب ١١٣ — تأثير حامض الأزوتيك المخفف فى النحاس — ضع فى دورق قد هيئ كما فى (شكل ٧٩) نحو ٢٠ جراما من مخروط النحاس واغمرها بحامض الأزوتيك المخفف (بنسبة ٢ من الحامض الى ٣ من الماء حجما) .

ويكون صعود الغاز أكثر انتظاما اذا غمر الفلز بمحلول أزوتات الصوديوم المشبع بدلا من حامض الأزوتيك ثم أضيف اليه حامض الكبريتيك المركز بقمع تنقيط كلما احتيج الى الغاز ويجمع الغاز الخارج فوق الماء ويلاحظ تغير لون الغاز فى الدورق بالاستمرار فى تجهيزه . مالون الغاز الذى يملأ الدورق نهائيا ويجمع فى الأنابيب ؟

تدريب ١١٤ — خواص أكسيد الأزوتيك .

(ا) هل الغاز المجهز كما سبق قابل للذوبان فى الماء الى حدّ يذكر ؟ قارن بينه وبين أكسيد الأزوت الأسمر من هذه الوجهة .



(شكل ٧٩) تجهيز أكسيد الأزوتيك

(ب) افتح أحد المخابير المملوءة بهذا الغاز حتى يختلط بالهواء . هل يمكن أن تذكر الآن لماذا صار الغاز ذا لون فى الدورق فى مبدأ تجهيزه ؟

(ح) أمر فى مخبار مملوء نصفه بهذا الغاز فقاقيع من الأكسجين واحدة أو اثنتين كل مرة ولاحظ مظهر الغاز الحاصل عند إدخال كل فقاعة و بيّن هل هو قابل للذوبان فى الماء بأن ترجه معه عقب كل اضافة للأكسجين؟ ما التغير الحادث فى حجم الغاز؟ استمر فى هذا العمل حتى تجد أن اضافة فقاعة أكسجين واحدة كافية لزيادة حجم الغاز على الدوام ثم افحص الماء الذى ارتفع فى المخبار مستعملا عباد الشمس .

(ء) هل تبقى المواد الآتية محترقة فى هذا الغاز وهى : شمعة رفيعة وفلقة خشب متوهجة وقطعة من الكبريت وشريط من المغنسيوم وقطعة من الفسفور . عيّن مايمكنك تعيينه مما يتعلق بالأبخرة الحاصلة فى كل حالة (ان كان هناك أبخرة) ولاحظ ملاحظة خاصة طبيعة الغاز الباقى فى الآنية اذا ركدت الأبخرة عند احتراق المغنسيوم والفسفور و بيّن ما تستنتج من ذلك للدلالة على تركيب الغاز الأصلى .

(ه) أذب بلورة من الزاج الأخضر فى أنبوبة اختبار مملوء نصفها بالماء وأمر فى المحلول قليلا من فقاقيع هذا الغاز ثم لاحظ التأثير الحادث .

الغاز الحاصل من النحاس مع حامض الأزوتيك المخفف — إذا أثر النحاس فى حامض الأزوتيك المخفف فخواص الغاز الحاصل مختلفة عن خواص أكسيد الأزوت الأسمر فلو أمر فى الماء لظهر أن فقاقيعه تكاد تكون غير قابلة للذوبان واذا جمع فى أنابيب فوق الماء بالطريقة المعتادة يرى أنه عديم اللون ولكن لو مزج بالهواء لنشأت أبخرة سمراء مائلة الى الحمرة سهلة الذوبان فى الماء يمكن البرهنة على أنها تتركب من أكسيد الأزوت الذى سبق فحصه ولكن أى جزء من الهواء كان سببا فى وجود هذا الأكسيد الأسمر ؟

الجواب سهل وذلك بأن تملأ أنبوبتان لمنتصفهما بالغاز العديم اللون الحاصل من النحاس مع حامض الأزوتيك المخفف ثم يدخل فى إحداهما أزوت وفى الأخرى أكسجين فيرى أن الأبخرة السمراء تتكون من مزج الغاز بالأكسجين وهذه الأبخرة نفسها تذوب فى الماء عند رجها معه ويلاحظ أنه كلما أضيف الأكسجين ورج المزيج مع الماء يقل حجم الغاز فلو أضيف الأكسجين باعتناء خصوصا فى نهاية التجربة حيث

يؤخذ فقاعة فقاعة لأمكن أن يذهب الغاز عن آخره ويتحوّل الغاز العـديم اللون كله الى أكسيد الأزوت الأسمر .

خواص أكسيد الأزوتيك — عند فحص الغاز العديم اللون الناتج من النحاس وحامض الأزوتيك من حيث فعله مع المواد القابلة للاحتراق يرى أنه اذا لم تكن المادة محترقة احتراقا شديدا حين ادخالها فيه فانهـا تنطفئ فكلا الكربون والكبريت مثلا لايبقيان محترقين فيه بخلاف الفسفور المحترق المضيء فانه يبقى محترقا فيه بسهولة فمن الممكن إحراق الفسفور فى اناء مسـدود مملوء بهـذا الغاز واذا فحص ما يحصل ظهر الأزوت وأكسيد الفسفور وحجم الأزوت يساوى نصف حجم الغاز الأصلى .

وإذا أمر الغـاز العديم اللون على النحاس المسخن تأكسد ولا ينشأ من التفاعل إلا الأزوت فيكون هذا الغاز العديم اللون أكسيد أزوت .

وعند مزجه بالأكسجين يحصـل الأكسيد الأسمر الذى يجب أن يكون أكسيدا آخر يحتوى على الأكسجين بنسبة أعظم ممـا فى الأوّل ويعرف الأكسيد العديم اللون بأكسـيد الأزوتيك وأما الغـاز الأسمر فيعرف بفوق أكسيد الأزوت (أكسيد فوق الأزوتيك أو ثانى أكسيد الأزوت) وتستعمل كلمة (فوق) فى العادة للدلالة على أكسيد أعلى أى أكسيد يحتوى على الأكسجين بنسبة أعظم ممـا فى غيره .

فوق أكسيد الأزوت — هـذا الأكسيد الذى يحصل من إذابة النحاس فى حامض الأزوتيك المركز قد يحتوى على كمية صغيرة من أكسيد الأزوتيك واذا جهز بتسخين أزوتات النحاس (صفحة ١٩٠) فانه يكون ممتزجا بالأكسجين واذا أمر هـذا المزيج ببطء فى أنبوبة ذات شعبتين محاطة بمخلوط مبرد فان الأكسجين يمر فيها غير متغير فى حين أن فوق أكسيد الأزوت يتكاثف متحوّلا الى سائل أصفر يصير بزيادة التبريد جسما صلبا عديم اللون واذا سخن فوق أكسـيد الأزوت السائل تسخينا يسـيرا على محدنا غازا أصفر يتحوّل اذا رفعت درجة حرارته الى غاز أسمر تزيد سمرته كلما اشتدّ حمـوه .

تفاعل فوق أكسيد الأزوت والماء — إذا أخذت أنبوبة مملوءة بفوق أكسيد الأزوت ورج مافيها من الغاز بالمـاء الدفئ قليـلا فان الغاز يقل فى الحجم ويكون مايبقى منه عديم اللون ولو أضيف الى هذا الغاز العديم اللون فقاقيع قليلة من الأكسجين

لتحول لونه أسمر ثانيا ولذاب جزء منه وظاهر أن فوق أكسيد الأزوت الأصلى قد تفاعل مع الماء بكيفية ما مكونا أكسيد الأزوتيك العديم اللون وهنالك نتاج آخر لأنه اذا فحص الماء ظهر أنه يحتوى على حامض يمكن البرهنة على أنه حامض الأزوتيك وتعسر البرهنة لكون الحامض مخففا ولكن بتعادله مع ادركسيد البوتاسيوم وبخره يرى أن الملح الناتج مطابق لأزوتات البوتاسيوم (صفحة ١٨٧) .

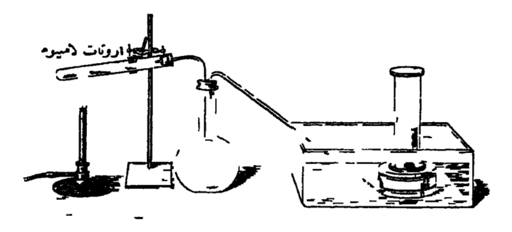
ففوق أكسيد الأزوت يتفاعل مع الماء محدثا حامض الأزوتيك وأكسيد الأزوتيك وهو يكوّن أيضا مع الماء حامض الأزوتوز فى درجات الحرارة المنخفضة .

(٥٧) أكسيد الأزوتوز (أول أكسيد الأزوت)

تدريب ١١٥ — تأثير الحرارة فى أزوتات الأمنيوم .

(أ) ضع المادة المجهزة فى تدريب ١٠٩ (ب) فى أنبوبة اختبار وسخنها مع الحذر ولاحظ مايحدث .

(ب) لجمع الغاز الحادث عند تسخين أزوتات الأمنيوم أعدّ الجهاز المبين (بشكل ٨٠) فضع فى أنبوبة اختبار كبيرة نحو ١٥ جراما من أزوتات الأمنيوم وصلها بأنبوبة واسعة ذاهبة الى دورق صغير أو قنينة (أنظر الشكل) ويخرج من الدورق أنبوبة وصل واسعة تمرّ تحت سطح الماء . اجمع الغاز الحاصل فوق الماء الساخن لأنه أقل ذوبانا فيه منه فى الماء البارد ثم سخن الأزوتات مع الحذر وأزل اللهب عند ابتداء صعود الغاز واملأ منه ستة مخابير .



(شكل ٨٠) تأثير الحرارة فى أزوتات الامنيوم

تدريب ١١٦ — خواص أكسيد الأزوتوز .

(ا) ضع فى هذا الغاز فلقة خشب متوهجة . هل يحترق فيه بعض المواد القابلة للاحتراق بسهولة كشمعة رفيعة وشريط من المغنسيوم وقطعة من الكبريت والفسفور ؟

(ب) هل مزج أكسيد الأزوتوز بالأكسجين يكون فوق أكسيد الأزوت .

(حـ) أمر فى محلول الزاج الأخضر فقافيع من أكسيد الأزوتوز . هل تأثير هذا الغاز كتأثير أكسيد الأزوتيك تدريب ١١٤ (هـ) .

(ى) أمر فقاقيع قليلة من أكسيد الأزوتيك فى أنبوبة مملوء نصفها بأكسيد الأزوتوز فاذا ظهر بخار من فوق أكسيد الأزوت الأحمر فأذبه فى المـاء برجه معه واحذر أن يتسرب الهواء الى الأنبوبة ثم أضف فقاعات أخرى من أكسيد الأزوتيك . هل مزج أكسيد الأزوتوز بأكسيد الأزوتيك ينتج فوق أكسيد الأزوت ؟ وهنا ينبغى ألا ننسى أن أكسيد الأزوتوز المجهز كما هو مبين بتدريب ١١٥ (ب) ربما كان ممتزجا بجزء صغير فى المـائة من الهواء .

تجهيز أكسيد الأزوتوز — ينصهر أزوتات الأمنيوم بالتسخين ويخرج منه باشتداده غاز عديم اللون اذا مزج بالأكسجين لا تحصل الأبخرة السمراء أى أنه بالبداهة ليس أكسيد الأزوتيك ولا فوق أكسيد الأزوت ويصعب جمع هذا الغاز لأنه يذوب أثناء مروره فى المـاء ولكنه كغيره من الغازات أقل قابلية للذوبان فى المـاء السخن منه فى البارد ولذلك يمكن جمعه فوق الأول بدون أن يذوب كثير منه ويمكن تجهيزه بتسخين أزوتات الأمنيوم فى أنبوبة اختبار تسخينا يسيرا وامرار الغاز فى دورق قبل جمعه وفى أثناء تجمعه فى هذا الدورق يرى سائل يمكن البرهنة على أنه المـاء .

خواص أكسيد الأزوتوز — هذا الأكسيد أكثر مساعدة على الاحتراق من غيره من أكاسيد الأزوت بل ومن الهواء نفسه فلو وضعت فيه قطعة خشب متوهجة لانفجرت اشتعالا وكذا يحترق فيه الكربون والكبريت والفسفور وغيرها من المواد احتراقا شديدا يكاد يقرب من احتراقها فى الأكسجين .

ويميز عن الأكسجين بكونه لايحدث أبخرة فوق أكسيد الأزوت الحمراء عند مزجه بأكسيد الأزوتيك ويميز عن أكسيد الأزوتيك بمزجه بالأكسجين إذ لا يتحد به ولا يكون فوق أكسيد الأزوت وهو يختلف أيضا عن أكسيد الأزوتيك وعن الأكسجين فى كونه

يذوب بسهولة فى الماء البارد وهو مع ذلك لا يكوّن فى الماء مركبا وانما ذوبانه فيه مجرّد تغير طبيعى ويذوب منه فى كل ١٠٠ سـ م٣ من الماء فى درجة الصفر المئوى ١٣٠ سـ م٣ ولكن فى درجة ١٥° يذوب منه ٧٨ سـ م٣ وفى درجة ٢٥° لا يذوب منه إلا ٦٠ سـ م٣ أى أن جمعه أسهل كثيرا فوق الماء الدفئ منه فوق الماء البارد .

ومع أن أكسيد الأزوتوز يساعد على الاحتراق لا يبقى على الحياة البشرية ولو تُنفس ممتزجا بمقدار عظيم من الهواء نشأ تقاص العضلات والضحك المشابه لضحك الهستيريا وهذا سبب اسمه المألوف — غاز الضحك — ولكن لو تُنفس منه مقدار عظيم لذهب الاحساس ونزل الموت ويستعمله حكماء الاسنان للتخدير .

تركيب أكسيد الأزوتوز — إذا احترق الفسفور فى وعاء مسدود مملوء بأكسيد الأزوتوز (شكل ٧٨) حدث أكسيد الفسفور والأزوت أى أن هذا الغاز أكسيد أزوت ويلاحظ أيضا أن أكسيد الأزوتوز يحدث من اختزال أكسيد الأزوتيك بمخلوط رطب من الكبريت وبرادة الحديد أى أنه إذًا يحتوى على الأكسجين بنسبة أقل منها فى أكسيد الأزوتيك وبيانا لهذا التمييز يسمى بأكسيد الأزوتوز فهو أقل أكاسيد الأزوت الثلاثة احتواء على الأكسجين ويأتى بعده أكسيد الأزوتيك ويفوق الاثنين فى ذلك فوق أكسيد الأزوت .

أسئلة على الباب الحادى والعشرين

(١) كيف تجهز أكسيد الأزوتوز وكيف تميز تمييزا عمليا بين أوان تحتوى على:
(ا) أكسيد الأزوتوز (ب) أكسجين (حـ) أكسيد الأزوتيك ؟

(٢) إذا أعطيت اسطوانة مملوءة من أكسيد الأزوتيك فبيّن كيف تحوّل جميع الغاز الى حامض الأزوتيك .

(٣) اشرح طريقتين لتجهيز أكسيد الأزوتيك وبيّن كيف تختزل هذا الغاز الى أزوت .

(٤) كيف تجهز من أزوتات الأمنيوم كل ما يمكنك تجهيزه من المواد المختلفة ؟

(٥) إذا أعطيت شيئا من كربونات الأمنيوم الصاب وشيئا من حامض الازوتيك المركز فاشرح باسهاب كل ما تتخذه لتجهيز كمية من أكسيد الأزوتوز ثم جمعها وبيّن كيف يستدل على أن هذا الأكسيد يحتوى على (ا) أزوت (ب) أكسجين

(٦) اشرح ووضح ما يحدث عند تسخين (ا) أزوتات الأمنيوم (ب) أزوتات الرصاص ثم اذكر كيف تجمع نموذجا من أحد الغازات الحاصلة خالصا من الهواء تقريبا.

(٧) إذا علم أن تأثير أكسيد الأزوتوز فى لهب شمعة يكاد يكون كتأثير مخلوط مكوّن من حجمين متساويين من الأزوت والأكسجين فيه فكيف تميز هذا الأكسيد من المخلوط ؟

تمارين عملية

(١) حقق طبيعة الغاز الحاصل من إذابة الخارصين فى حامض الأزوتيك المخفف (بنسبة جزء واحد من الحامض الى ٩ أجزاء من الماء) . هل الغاز المجهز بهذه الطريقة مخلوط أو مركب مفرد ؟

(٢) ابحث عما يحدث من التفاعل — ان كان ثم تفاعل — اذا وضع كيس يحتوى على برادة الحديد والكبريت الرطبين فى اناء مملوء بأكسيد الأزوتيك .

(٣) جهز محلولا مركزا من الملحين كبريتات الحديدوز وأزوتات الصوديوم وسخن المخلوط مع حامض الكبريتيك المركز ثم اجمع الغاز الحاصل وعيّن طبيعته .

الباب الثانى والعشرون — الجوّ . الاحتراق

(٥٨) الجـــوّ

تدريب ١١٧ — نسبة ما يوجد من الأكسجين فى الجوّ .

(ا) ارجع الى مذكرتك فى تدريب ٤١ (ى) لتتذكر نسبة ما يستعمل من الهواء فى صدأ الحديد .

(ب) عيّن نسبة الأكسجين فى الهواء بجعل الفسفور يتأكسد ببطء وذلك بواسطة أنبوبة طويلة قطرها يساوى نحو ١,٥ من السنتيمترات وقد سدّ أحد طرفيها وثبت فيها قطعة من الفسفور على طرف سلك من النحاس ملتوٍ على شكل قفص (شكل ٨١) ثم نكست فوهتها فى مخبار مملوء بالماء . لاحظ جزء الأنبوبة المملوء بالهواء فاذا انقطع نقصان حجمه فبعد يوم عيّن مقدار ما ذهب منه بواسطة الفسفور .

(ح) خذ أنبوبة طويلة مسدودا أحد طرفيها وفى طرفها الآخر سداد محكم من الصمغ المرن واسكب فيها محلولا مركزا من حامض فوق العفصيك (البيروجليك) واعرف بالدقة جزء الأنبوبة المشغول بالهواء ثم ضع فيها قطعة من عمود الصودا الكاوية وأحكم تثبيت السداد فى مكانه وبعد انحدار الصودا فى السائل رجه مع هواء الأنبوبة ثم لاحظ تغير السائل وبعد رجها نحو خمس دقائق أزل السداد تحت سطح الماء ولاحظ جزء الأنبوبة المملوء بالهواء فى هذه الحالة ومن ذلك احسب نسبة ما فى الهواء من الأكسجين .

(شكل ٨١)
تعيين نسبة ما فى الهواء من الاكسجين

غازات الجو الشهيرة — سبق أن بيّنا فى الباب السابع أن الجو يكاد يتركب جميعه من غازين اثنين — الأكسجين والأزوت — وهما متشابهان فى الخواص الطبيعية مختلفان اختلافا بيّنا فى الخواص الكيميائية وفى الجو أيضا ثانى أكسيد الكربون إلا أنه مقدار صغير جدّا هذا الى أن الهواء دائما رطب إما قليلا وإما كثيرا أى يحتوى على كميات من بخار الماء تختلف بحسب الأحوال .

ويستدل على مقدار بخار الماء فى حجم كبير مقيس من الهواء بإمرار الهواء ببطء عظيم فى أنابيب مملوءة بكلورور الكلسيوم فتكون زيادة وزن الأنابيب هى وزن بخار الماء ولو أمر هذا الهواء أيضا فى مستودعات أو أنابيب مملوءة بالبوتاسا الكاوية الصلبة لأمكن من زيادة وزن البوتاسا تعيين كمية ثانى أكسيد الكربون فيه .

ويمكن بعد ذلك إمرار هذا الهواء ببطء فى أنبوبة مسخنة تسخينا شديدا قد شحنت بالنحاس الذى يمتص الأكسجين فيمكن تعيين وزنه ويمكن إمرار ما يبقى من هذا الهواء فى أنبوبة تحتوى على المغنسيوم الذى يتحد بالأزوت اتحادا بطيئا وهناك جزء مخصوص من الهواء يساوى نحو ١ سـ م^{3} فى كل ١٠٠ سـ م^{3} لا يتحد بالمغنسيوم وقد برهن على أنه لا يتركب من الأزوت بل يتركب من غاز الأرجون وأربعة غازات أخرى وهذه الغازات متشابهة تشابها عظيما خصوصا فى كونها لا تحدث مركبات كيميائية مع غيرها من العناصر ولذا يقال انها غير فعالة (صفحة ٦٤) وهى فى المظهر تشابه الازوت ولكن لكل منها خواص طبيعية ثابتة فالأرجون بعد أن يجمد ينصهر فى — ١٨٩,٥° مئوية

محدثا سائلا يغلى فى — ١٨٦° مئوية وقد أمكن فصل هذه الأربعة الغازات (وهى هيليوم ونيون وكربتون وزنون) بواسطة خواصها الطبيعية المعينة وأمكن أيضا تحويل كل منها الى سائل والى جسم صلب .

المواد الأخرى التى فى الجو — المواد التى قد بحثنا فيها توجد فى الجو دائما وهناك مواد يكثروجودها فى أحوال خاصة ففوق أكسيد الأزوت الذى يتكوّن أثناء الزوابع ذات الرعد يتحد بالماء محدثا حامض الأزوتيك فالمطر الذى ينزل مباشرة بعد زوبعة ذات رعد يمكن إثبات أنه يحتوى على حامض الأزوتيك والنوشادر يتكوّن أثناء فساد المواد الحيوانية وهو إما أن يبقى على حاله وإما أن يتحد بحامض الأزوتيك مكوّنا أزوتات النوشادر وفى الأقاليم الصناعية يصعد ثانى أكسيد الكبريت الى الجو من المداخن العديدة ويحدث من احتراق البريتيز الذى فى الفحم هذا الى أن الجو مشحون بدقائق التراب الذى يختلف اختلافا عظيما فى المقدار والتركيب ففى المدن يتركب على الأخص من دقائق النيلنج أى الكربون كما يحتوى على مقدار عظيم من المكروبات من بذور بعض النباتات الفطرية وهواء الريف يحتوى فوق ذلك على دقائق من النبات وعلى بذور الأعشاب واللقاح ولتخليص الهواء مما فيه من التراب يمرّ فى أنبوبة طويلة محشوّة حشوا تاما بالقطن المندوف واذا برد الهواء المعتاد تبريدا كافيا ظهر ما فيه من بخار الماء كالسحاب أو الضباب بخلاف الهواء الخالى من التراب فلا يظهر فيه مثل هذا مهما بُرِّد ولكن يتكوّن ماء على جدار الوعاء الذى هو فيه اذا برد لدرجة الندى ولا يظهر ضباب فحدوث الضباب والسحاب فى الكون انما هو من التراب فلو لم يكن فى الجو تراب لما كانت السحب ولا الضباب ولظهر بخار الماء على هيئة الندى أو الصقيع لا غير ولحدثت رطوبة دائمة فى الأجسام المعرضة للجو فى البلاد الرطبة كانجلترا هذا الى أن عدم السحاب يسبب زوال المطر والبرد والثلج ولا يكون هناك إلا قليل من ضوء النهار غير المباشر لأن الدقائق التى تعكس الضوء سواء كانت ترابا أو ماء لا توجد فى الهواء وبذا تظهر السماء شديدة الزرقة .

التركيب المضبوط للجو — يختلف مقدار ما فى الجو من بخار الماء أكثر مما يختلف غيره من الغازات فيه ففى أى درجة حرارة محدودة لا يبقى منه إلا جزء مخصوص فى صورة بخار ويتكاثف تحت هذه الدرجة على هيئة قطرات سائلة من الماء فى شكل ضباب أو ندى وهذه تسمى درجة الندى ويمكن أن يحتوى الجو فى الصيف من

بخار الماء أكثر مما يمكن أن يحتويه فى الشتاء وكثيرا ما يكون بخار الماء فى الهواء أقل بكثير مما يمكن أن يحتوى عليه خصوصا داخل القارات العظيمة كآسيا .

ويختلف أيضا مقدار ثانى أكسيد الكربون فى الهواء وهو يحصل من احتراق المواد التى تحتوى على الكربون ومن زفير الحيوانات وفاسد المواد الحيوانية والنباتية ونرى من وجهة أخرى أن نمو جميع النباتات الخضراء يتوقف على امتصاص ثانى أكسيد الكربون من الهواء الذى يستعمل فى تكوين النشا ومركبات أخرى نباتية (صفحة ١١٣) فنسبة ثانى أكسيد الكربون أعظم فى هواء المدن منها فى هواء الريف ولكنها تبقى على العموم ثابتة تقريبا ويندر أن يقل عن ٣ أو يزيد على ٧ أجزاء فى كل ١٠٠٠٠ جزء من الهواء.

وأما نسب الأكسجين والأزوت والغازات غير الفعالة فانها تختلف قليلا ولكن اختلافها أقل كثيرا من اختلاف نسب بخار الماء أو ثانى أكسيد الكربون ومن المهم مع هذا ملاحظة أن هذه النسب ليست ثابتة تماما فيغلب أن يكون فى الجو ٢١ ٪ من الأكسجين ولكن هذه النسبة تقل فى بعض الأمكنة حتى تصير ٢٠,٢٥ ٪ وتكون أقل فى المناجم وهاك جدولا لبيان نسب أجزاء الجو المتعددة باعتبار أن الهواء جاف ولم تذكر نسبة بخار الماء لتغيرها العظيم .

مركبات الجـو

الغـــــاز	النسبة المئوية من حيث الحجم
الأزوت	٧٨,٠٣
الأكسجين	٢١,٠٠
الأرجون الخ	٠,٩٤
ثانى أكسيد الكربون	٠,٠٣
بخار الماء	متغير
حامض الأزوتيك	آثار ولكنها متغيرة
النوشادر...	
ثانى أكسيد الكبريت	

الهواء مخلوط لا مركب — بيّنا فى أول هذا الكتاب (صفحة ٦٩) أنه إذا مزج الأكسجين بالأزوت بنسبة واحد الى أربعة حجما حصل غاز تأثيره يكاد يكون كتأثير الهواء المعتاد ولو أنه لا يحتوى على ثانى أكسيد الكربون والنوشادر الخ ولا يحتوى أيضا اذا كان الأزوت نقيا على الأرجون وما يماثله ومهم أن يلاحظ أن الهواء الصناعى لا يختلف فى شئ جوهرى عن الجوّ ولكن لا يلاحظ عند المزج علامات تدل على طُرُوّ تفاعل كيميائى كحرارة مثلا هذا الى أن الأزوت والأكسجين فى هذا المخلوط كما فى الهواء العادى يحتفظان بخواصهما الثابتة لها واذا أذيب الهواء فى الماء وحصّل ثانيا من المحلول بالاغلاء يرى أن ما ذاب من الأكسجين أكثر مما ذاب من الأزوت لكونه أقبل للذوبان فى الماء فيحتوى الغاز الحاصل بالاغلاء من الأكسجين فى المائة أعظم مما يحتويه الهواء غالبا فالهواء إذن مخلوط غازات لا مركب فلا يشابه أحد أكاسيد الأزوت المعروفة لأنه يختلف فى قابلية ذوبانه عن أكسيد الأزوتوز كما يختلف فى أمور أخرى واضحة عن أكسيد الأزوتيك وهذان هما الأكسيدان الوحيدان اللذان يشابههما بعض المشابهة ولو كان الهواء مركبا لكانت له خواص طبيعية معينة كأن تكون قابلية ذوبانه فى الماء محدودة فى كل درجة من درجات الحرارة هذا الى أن الجسم المركب مهما تكررت إذابته واستخراجه من محلوله لا يمكن أن يتغير تركيبه بخلاف الهواء فيزيد ما فيه من الأكسجين بتكرار إذابته ونختم بأن نقول إن الهواء بخلاف المركبات الكيميائية يختلف فى التركيب فقد برهن على أن نسب ما فيه من الأكسجين والأزوت تختلف بعض الاختلاف فى نماذجه المتنوّعة .

(٥٩) الاحتراق واللهب

تدريب ١١٨ — فحص لهب مصباح بنزن .

(ا) افحص ولاحظ مظهر أجزاء لهب مصباح بنزن المختلفة فحصا دقيقا عند ما يكون الثقبان مفتوحين ثم ضع فى اللهب قطعة من الصينى ثم اقفل ثقبى الهواء وضعها فى اللهب ثانيا واذكر ما يرسب عليها وافتح ثقبى الهواء بالتدريج ولاحظ تغير مظهر اللهب .

(ب) خذ بملقط البودقة قطعة من سلك الحديد وضعها فى أجزاء مختلفة من لهب مصباح بنزن ولاحظ على الأخص مظهرها : (١) عند ما تكون مرتفعة عن

فوهة المصباح قليلا ؛ (٢) عند ما تكون فى وسط اللهب ؛ (٣) عند ما تكون على قمة اللهب .

(حـ) امسك فى اللهب قطعة من الورق المقوى فى وضع أفق على بعد نحو سنتيمترين ونصف من فوهة المصباح ثم أزحها عند ما ترى أنها ستلتهب ولاحظ مظهر الجزء الفاحم واذكر ما تستنبطه متعلقا بدرجات الحرارة المختلفة فى أجزاء اللهب المتنوعة .

(ى) ضع فى جزء اللهب الداخلى القاتم طرف أنبوبة قصيرة من الحديد أو الزجاج مائلة الى أعلى وقرّب الى الطرف الآخر للأنبوبة عود كبريت ملتهب . ما الذى يحتوى عليه الجزء الداخلى للهب ؟

تدريب ١١٩ — لهب الشمعة .

(ا) افحص لهب شمعة فحصا دقيقا وارسمه ولاحظ أجزاءه المختلفة وضع فيه قطعة من الصينى . هل يتكوّن عليها راسب ؟

(ب) ضع فى منتصف هذا اللهب قطعة من الورق واذكر ما تستنبطه متعلقا بدرجات الحرارة المختلفة فى أجزاء اللهب المتنوعة .

(حـ) ضع طرف أنبوبة قصيرة فى الجزء القاتم المتوسط للهب وقرّب الى الطرف الآخر عود كبريت ملتهب واستنبط ما يمكن أن يحتوى عليه هذا الجزء القاتم .

تولد الحرارة أثناء التفاعلات الكيميائية — تتولد كميات كبيرة من الحرارة أثناء كثير من التفاعلات الكيميائية فعند إذابة الخارصين فى حامض الكبريتيك مثلا يصير السائل شديد السخونة واذا اتحد النحاس بالكبريت تدريب ١٢١ (ا) يسخن النحاس الى درجة الاحمرار ويتوهج وعند اتحاد الأيدروجين بالأكسجين يحصل لهب حام جدّا وينشأ أيضا من اتحاد الفسفور والأكسجين حرارة عظيمة ولا يبتدئ التفاعل الكيميائى فى بعض الحالات إلا بعد تسخين المواد المتفاعلة ولكن الحرارة الحاصلة تزيد غالبا زيادة عظيمة جدّا على الحرارة المحدثة للتفاعل وهكذا الحرارة المشعلة لعود كبريت فانها تكفى لأن تكون مبدأ حريق عظيم .

وتحدث أيضا حرارة كثيرة فى الحالات التى لا يكون لها فيها أثر ظاهر فاذا كان التفاعل بطيئا كفى الوقت لضياعها وبذا لا ترتفع درجة حرارة الأجسام المجاورة إلا قليلا جدّا ولكن اذا اتخذ الاحتياط المناسب يمكن مشاهدة ارتفاع درجة الحرارة .

هـذا وقد تكون الحرارة الحادثة أثناء التغير الطارئ من فساد العشب غير تام الجفاف كافية لاشعالها وهذا ما يسمى بالاحتراق الذاتى .

وتمتص الحرارة فى قليل من التفاعلات بحيث تبرد المواد المجاورة .

الاحتراق والتوهج — يقال فى العادة إن المواد قابلة للاحتراق إذا كانت تتحد بأكسجين الهواء محدثة الحرارة والضوء أو بعبارة أخرى منتجة أثناء اتحاد مادة من المواد بالأكسجين حرارة تكفى لرفع درجة حرارة ما يبقى من هذه المادة أو ما ينتج عنها الى درجة الاحمرار أو درجة البياض محدثة الضوء فضلا عن الحرارة واذا احترق الأيدروچين فى الهواء نشأت حرارة عظيمة ولكن ما يحصل من الضوء لا يكاد يذكر ولكن اذا وضع فى لهبه جسم صلب كالجير فان حرارته ترتفع الى درجة البياض وينبعث منه الضوء ويحصل على ضوء الجير بتسليط لهب الأيدروچين المحرق فى الأكسجين على قطعة من الجير وفى هذه الحالة يقال إن الجير كان متوهجا وهكذا يتوهج النحاس عند ما يحترق فى بخار الكبريت وأما احتراق غاز الاستصباح فى مقدار كاف من الهواء كما فى مصباح بنزن فلا يحدث منه إلا ضوء ضئيل جدا ولكن يمكن استعمال هذا اللهب فى الإنارة بإحاطته بشبكة مصنوعة من أكاسيد مخصوصة لا تنصهر وإنما تصير بيضاء بسهولة من شدّة الحرارة وهذا هو الأصل فى عمل المصابيح المتوهجة .

الاحتراق فى الهواء — يقال كثيرا إن الهواء نفسه لا يحترق ولكنه يساعد على الاحتراق والحقيقة أن كلتا القضيتين ليستا صحيحتين تماما لأن الهواء يساعد على احتراق أكثر المواد التى تحترق فى الأكسجين لا جميعها فبعضها كالحديد مثلا يحترق فى الأكسجين ولا يحترق فى الهواء على أن الهواء يمكن إحراقه باستعمال جهاز مناسب فنعلم أن لكل مادة درجة حرارة معينة تتحد فيها بالأكسجين بسرعة فغاز الاستصباح يلتهب بعود كبريت مشتعل ولا يلتهب اذا كان هذا العود متوهجا فقط والورق وما يماثله من المواد يبقى محترقا فى الهواء لأن الحرارة الحاصلة من احتراق بعض الورقة تكفى لتسخين الأجزاء المجاورة ورفع درجة الحرارة حتى تتحد بالأكسجين وليلاحظ أن الأزوت الذى فى الهواء يلطف الأكسجين فيقال سرعة اتحاده بالمواد ولذلك تتكوّن الحرارة ببطء شديد وتضيع بالتوصيل والشعّ ففى بعض الحالات لا ترتفع الأجزاء المتجاورة فى الجسم الى درجة حرارة الالتهاب فالحديد الذى يحترق لامعا فى الأكسجين النقى لا يحترق فى الهواء على الاطلاق لما تقدّم .

هل الهواء قابل للاحتراق — يمكن البرهنة على أن الهواء نفسه قابل للاحتراق باستعمال الجهاز المبين (بشكل ٨٢) . وهذا الجهاز يتركب من زجاجة مصباح فى طرفها السفلى سداد محكم من الفلين تنفذ فيه أنبوبة طويلة وأخرى قصيرة تتصل بمستودع الغاز وقد وضع فوق الزجاجة غطاء من حرير صخرى مقوى فيه ثقب واحد ثم يدخل غاز الاستصباح حتى يخرج كثير منه من الثقب فيشعل هناك ثم تدفع الأنبوبة الطويلة الى أعلى حتى تقرب من ثقب الغطاء فيظهر لهب عند فوهتها ولو جذبت الى أسفل حتى صارت الفوهة فى وسط الزجاجة لرأيناها ملتهبة أى أن هناك لهبين خارجيا وهو لهب غاز الاستصباح يحترق فى الهواء وداخليا وهو لهب الهواء يحترق فى غاز الاستصباح فالهواء أو بالحرى أكسجينه قابل للاحتراق اذا أحاط به جو من غاز الاستصباح ويمكن عمل تجارب أخرى كهذه لبيان أن الأكسجين قابل للاحتراق فى الأيدروجين أو أى غاز آخر يتحد به .

(شكل ٨٢)
احتراق الهواء فى غاز الاستصباح

معنى كلمة الاحتراق فى الاصطلاح — تكون المادة قابلة للاحتراق وتكون مساعدة للاحتراق على حسب الحالة فغاز الاستصباح أو الأيدروجين يمكن أن يستخدم مساعدا للاحتراق أما الأكسجين فهو المادة القابلة للاحتراق على أن معنى كلمة الاحتراق فى الاصطلاح الكيميائى أوسع من ذلك فهو أى تفاعل كيميائى يصحبه حرارة وضوء والأيدروجين قابل للاحتراق فى الكلور (صفحة ١٥٦) كما أن الكلور قابل للاحتراق فى الأيدروجين و ينتج من التفاعل فى كلتا الحالتين اتحادهما وحدوث كلورور الأيدروجين فالكلور لا يحترق فى الهواء أو فى الأكسجين مع أنه قابل للاحتراق فى الأيدروجين والنحاس يحترق فى بخار الكبريت وفى الكلور (صفحة ١٥٦) مع أنه غير قابل للاحتراق فى الهواء فيمكن أن يقال انه قابل للاحتراق بالمعنى الكيميائى .

اللهب — يظهر جليا من التجربة التى شرحناها قبل (صفحة ٢٠٦) أن اللهب يتكون سواء كان المساعد للاحتراق هو الهواء أو غاز الاستصباح وأنه يظهر حيث يتلاقى الغازان فيتحدان و يمكن ايراد أمثلة كثيرة للهب الذى يحدث من اتحاد غازين وفى الأحوال التى تحترق فيها السوائل أو الأجسام الصلبة فى الهواء بلهب تتحول المادة أولا الى بخار كما يحصل فى احتراق الكحول وشمع البرافين ومما يوضح ذلك أيضا الفحم

فانه يحترق بلهب لما فيه من الغازات والسوائل المتطايرة فاذا خرجت منه بالحرارة يبقى الكوك الذى يحترق بلا لهب وقد يستعمل جهاز مخصوص لتحويل السائل أو الجسم الصلب الى بخار قبل احتراقه وهذا هو فعل ذبالة مصباح الزيت أو مصباح البرافين أو الشمعة ولا يحترق فى الهواء من الأجسام الصلبة بلهب إلا قليل وتكون درجات حرارة انصهار الأجسام التى تلتهب بسهولة فى الهواء وكذا درجات غليانها منخفضة بالنسبة لغيرها كما فى شمع البرافين والفسفور ويمكن أن يقال إن الأجسام الصلبة كالكربون التى لا تحدث لهبا عند الاحتراق تتوهج فاللهب لا ينشأ إلا من احتراق غاز فى آخر. وتعرف أشياء كثيرة بفحص لهب الشمعة كما يأتى :

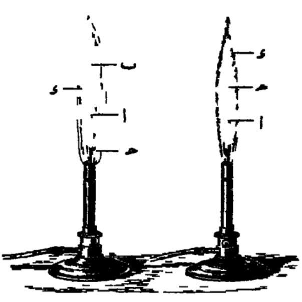
لهب الشمعة — إذا فحص لهب الشمعة يرى أنه يتركب من أربعة أجزاء مختلفة (شكل ٨٣) ففى الوسط جزء قاتم (ا) لو وضع فيه طرف أنبوبة ضيقة وأشعل عود من الكبريت عند الطرف الثانى لاشتعل غاز يخرج منه وهذا الجزء المتوسط يحتوى على بخار غير محرق وهذا يثبت أن الشمع المنصهر تحوّل الى بخار قبل الاحتراق ويحيط بهذا الجزء القاتم منطقة منيرة (ب) لو وضع فيها سطح بارد من الصينى لعلاه راسب من الكربون الصلب وعند قاعدة اللهب الجزء الأزرق (حـ) حيث الاحتراق على أشدّه وهنا أيضا منطقة ضيقة تحيط بالمنطقة المنيرة تكاد لا ترى والجزء المنير لا يحتوى على الأكسجين الكافى لا كمال الاحتراق فالغاز غير المحرق الذى يخرج منه يحترق بمجرد وصوله الى الهواء حيث يكثر الأكسجين ومن هذا وجدت المنطقة الخارجية الحامية (ى).



(شكل ٨٣)
لهب الشمعة

مصباح لهب بنزن — يصير اللهب عند سدّ ثقوب الهواء فى مصباح بنزن منيرا يكاد يشابه لهب الشمعة مشابهة تامّة ويحتوى أيضا على الأجزاء الأربعة نفسها فيتركب (ا) من الغاز غير المحرّق (ب) والجزء المنير الذى منه يرسب الكربون على سطح بارد (حـ) والجزء الأزرق الحامى جدّا الذى يجاور القاعدة (ى) والغشاء الخارجى الحامى جدّا الذى يكاد لا يرى وهو الذى يحترق فيه الغاز غير المحرق الخارج من الجزء المنير فاذا فتحت ثقوب الهواء اختفت المنطقة المنيرة (ب) ويتركب اللهب من عمود (ا) من الغاز غير المحرق فى الوسط يحيط به مخروط أزرق (حـ) يلتف به منطقة يتم فيها

الاحتراق (ى) وهى التى تكاد لاترى ثم أن مصباح بنزن لا يرسل إلا ضوءا ضعيفا جدّا ولكن اذا قطع عنه تيار الهواء صار لهبه منيرا وهذا ما لا يعرف سببه بالتحقيق ويحتمل أن يكون داخل اللهب دقائق صلبة من الكربون فاذا سدّت ثقوب الهواء ترتفع حرارتها الى درجة التوهج واذا فتحت خفض الهواء البارد درجة الحرارة فلا تتوهج ويثبت هذا التعليل أن اللهب لا يصير منيرا واذا وضع فيه أجسام أخرى باردة مع أن الكربون يرسب على سطحها .



ثقوب الهواء مفتوحة ثقوب الهواء مسدودة

(شكل ٨٤)

لهب مصباح بنزن أثناء فتح ثقوب الهواء وسدّها

أسئلة على الباب الثانى والعشرين

(١) اشرح طريقتين لتعيين ما فى الهواء من الأكسجين فى المائة ؟

(٢) ما مركبات الهواء الرئيسة ؟ وكيف تثبت وجود أربعة منها اثباتا عمليا ؟

(٣) إذا كانت نسبة ما فى الهواء الجوى اليوم من الأكسجين وثانى أكسيد الكربون لم تتغير عما كانت عليه منذ مائة عام فكيف تعلل ذلك موضحا الطرق العديدة التى بها يذهب هذان الغازان من الجو ويعودان اليه ثانيا ؟

(٤) وضح سبب انطفاء النار اذا سكب عليها مقدار كاف من الماء .

(٥) اشرح تجارب لإثبات أن الهواء لا يتكوّن من مادة واحدة بل ولا من مخلوط مادتين .

(٦) كيف تبرهن بالعمل على إمكان احتراق الأكسجين ؟

(٧) اشرح بالاسهاب والعناية طريقة لتعيين وزن كل من المركبات الرئيسة التى فى لتر من الهواء ثم بيّن أهم الفروق بين الهواء المعتاد وبين الهواء الذى سبق أن تنفسه الانسان .

(٨) اشرح ماتراه من المظاهر عند وضع لهب الشمعة (أ) فى غاز الأكسجين (ب) فى غاز الكلور (حـ) فى غاز كلورور الأيدروجين .

(٩) إذا أحرق الفحم فى الموقد المعتاد حدث لهب عظيم بخلاف الكوك فإما أن يحدث منه لهب قليل وإما ألا يحدث لهب مطلقا فكيف تعلل ذلك ؟

(١٠) وضح الفرق بين مخلوط أى مادتين ومركبهما بمقارنة خواص الهواء والماء .

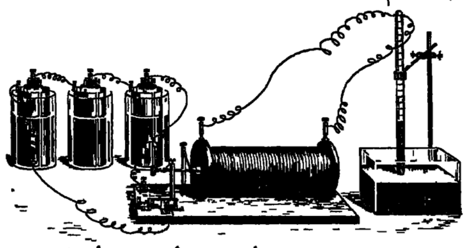
(١١) كيف تعيّن الجوم مضبوطة للغازات المتنوعة التى فى حجم معلوم من الهواء ؟

(١٢) اشرح مايحدث عند إحراق شمعة فى وعاء مسدود مملوء بالهواء وبيّن ما الغازات التى تبقى بعد الاحتراق ثم اذكر كيف تعرف هذه المواد ؟

الباب الثالث والعشرون — قانون الجوم لجاى لوساك

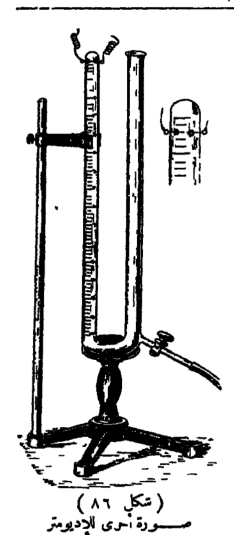
(٦٠) اتحاد الغازات حجما

حجما الأيدروجين والأكسجين الاتحاديان — سبق أن شرحنا تعيين وزنى الاكسجين والأيدروجين الاتحاديين ولكن لم نتعرض إلا قليلا لنسبة الحجمين اللذين يتحد فيهما هذان الغازان ولتعيينهما يحتاج الى وعاء مخصوص من الزجاج يسمى الإديومتر يمكن إشعال الغازين الممتزجين فيه بطريقة سنوضحها فيما بعد ويتركب الإديومتر الكثير الاستعمال من أنبوبة زجاج متينة الجدران مدرجة مسدود أحد طرفيها (شكل ٨٥) ويلتحم بها قربه سلكان من البلاتين يكاد كل منهما يمس الآخر داخل



(شكل ٨٥) فرقعة مخلوط الأيدروجين والأكسجين فى الأديومتر

الأنبوبة أنظر (شكل ٨٦) التى تملأ زئبقا وتنكس فى حوض يحتوى عليه أيضا ثم يدخل فيها الأيدروجين والأكسجين مع مراعاة حجميهما بالضبط تحت الضغط الجوى ثم يسد الطرف المفتوح سدا محكما ويوصل سلكا البلاتين بقطبي ملف رهمكوف (Rhumkorff) فيمر شرر كهربائى من أحد السلكين الى الآخر وهو يكفى لإشعال مزيج الغازين اللذين يتحدان فى الحال محدثين فرقعة وليعلم أنه لا مانع من استخدام أى طريقة أخرى لإشعال الغازين وليس هناك من سبب لاستعمال الشرر الكهربائى إلا أنه أسهل الوسائل وبعد أن يبرد الغاز الباقى يقاس حجمه وتعين طبيعته وهاك نموذجا من النتائج :



(شكل ٨٦)
صورة أخرى للإديومتر

حجم الأيدروجين = ٢٠٫٨ سم^3
حجم الأكسجين = ٧٫٦ سم^3
∴ حجم المزيج = ٢٨٫٤ سم^3
الحجم بعد الفرقعة = ٥٫٧ سم^3

وقد وجد أن الغاز الباقى أيدروجين وحينئذ (٢٠٫٨ — ٥٫٧) أى أن ١٥٫١ سم^3 من الأيدروجين و٧٫٦ سم^3 من الأكسجين قد اتحدت ومن الضرورى قياس جميع هذه الحجوم فى درجة حرارة واحدة تحت ضغط جوى واحد .

ومهم أيضا أن يقاس حجم البخار المائى الذى حدث وذلك بإحاطة الإديومتر المبين (بشكل ٨٦) بأنبوبة زجاج خارجية أى بغلاف يمر فيه بخار سائل يغلى فى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة غليان الماء ويمكن استعمال الادروكربون زيلين لهذا الغرض وبذا يكون الإديومتر ومحتوياته من أول التجربة الى آخرها فى درجة حرارة ثابتة تعلو درجة غليان الماء فلا يمكن حينئذ أن يتكاثف البخار وبذا يقاس فى درجة الحرارة التى تقاس فيها الغازات الأخرى .

وقد أظهرت التجارب الدقيقة أن حجم الأيدروجين المستعمل يساوى ضعف حجم الأكسجين وأن حجم البخار المائى الحادث يساوى حجم الأيدروجين المستعمل حجمان من الأيدروجين + حجما من الأكسجين = حجمين من البخار المائى .

وتدل كلمة حجم فى هذه الحالة وفى غيرها اذا قورنت بجملة غازات فى درجة حرارة واحدة تحت ضغط واحد على أى حجم معين يعتبر وحدة فى التجربة من الابتداء الى الانتهاء .

وقد قرر هــذه النتيجة "جاى لوساك" و"همبلد" (Humboldt) فى أول القرن التاسع عشر ودهش "جاى لوساك" لمــا رأى النسبة بين هذه الحجوم بسـيطة وعزم على فحص غازات أخرى ليرى هل تتحد أيضا على مثل الحالة السابقة البسيطة .

حجوم الاتحــاد فى الغازات الأخرى — سبق أن درسنا حالات تتحد فيهــا الغازات حجما فقد رأينا (صفحة ١٥٥) ان حجما من الأيدروچين يتحد بحجم يساويه من الكلور محدثا ضعف حجمه من كلورور الأيدروچين .

حجم من الأيدروچين + حجما من الكلور = حجمين من كلورور الأيدروچين

وكذا رأينا أن النوشادر وكلورور الأيدروچين يتحدان على نسب متساوية من حيث الحجم ولكن الحاصل فى هذه الحالة جسم صلب فلا علاقة البتة بين حجمه وبين حجمى الغازين المتحدين وهو فى الحقيقة صغير جدّا حتى يمكن اعتباره معدوما .

حجما الأيدروچين والأزوت اللذان يتحدان فى تكوين النوشادر — يمكن حساب حجمى الأيدروچين والأزوت اللذين يتحدان من الأعداد الواردة بصفحة (١٨٠) فيعلم حجم الأزوت من التجربة ويحسب حجم الأيدروچين من الوزن وخير من هذا إيجاد الحجمين المتحدين للغازين مباشرة وذلك باحدى طريقتين إما بجعل الغازين يتحدان وإما بفصل كل عن الآخر من مركبهما النوشادر وتعيين حجمهما كل على حدته .

وقد عرف قديمــا أنه اذا أمر شرر كهربائى متتابع فى النوشادر المجموع فوق الزئبق زاد حجمه حتى يصير ضعف ما كان عليــه تقريبا ولا يتغير بعد ذلك (ويحصل الشرر الكهربائى من آلة التأثير الكهربائى كما فى فرقعة مخلوط الأيدروچين والأكسجين) ولكن هنــا يمرّ الشرر إمرارا متتابعا مدة طويلة لا دفعة واحدة كما فى إشــعال هذين الغازين ويتركب معظم هــذا الغاز من مخلوط الأيدروچين والأزوت إلا أن الحامض المخفف يمتص منه قليلا وما يمتص هو النوشادر الذى لم يتغير لأنه مهما طال زمن إمرار الشرر فلا بدّ من بقاء جزء صــغير فى المــائة من النوشادر غير متغير فيجب العمل على النسق الآتى وهو أن يقاس حجم النوشادر الأصلى ويمرّ الشرر مدّة ثم يقاس ثانيــا وبعد ذلك يدخل فى الأنبوبة مقــدار صغير من حامض الكبريتيك المخفف ليمتص النوشادر غير المتغير ثم يطرح الحجم الممتص من الحجم الأصلى ثم تعين نســبة الأيدروچين باضافة حجم

معلوم من الأكسجين وفرقعتهما معا بامرار شرارة كهربائيـة واحدة ويجب أن يكون حجم ما يضاف من الأكسجين أكثر مما يمكن أن يحتاج اليه ولذلك يكفى أن يضاف من الأكسجين ما يساوى نصف حجم مخلوط الأيدروچين والأزوت وهاك مثالا يوضح الحساب الضرورى :

حجم النوشادر المستعمل ... ... = ١٠,٠ سـ م٣
حجم النوشادر الذى امتصه الحامض ... ... = ٠,٨ سـ م٣
∴ حجم النوشادر الذى تحلل ... ... = ٩,٢ سـ م٣
حجم الغازين الحاصلين بعد امتصاص مابقى من النوشادر = ١٨,٤ سـ م٣
حجم ما أضيف من الأكسجين... ... ... = ٩,٢ سـ م٣
∴ الحجم الكلى للغازين الممزوجين والأكسجين... ... ... = ٢٧,٦ سـ م٣
حجم الغازات بعد الفرقعة ... ... = ٦,٩ سـ م٣

ومن حيث ان الأيدروچين والأكسجين يتكاثفان الى ماء بالاتحاد :

∴ حجم الأيدروچين والأكسجين اللذين اتحدا ... ... = ٢٠,٧ سـ م٣

ولكن حجمين من الأيدروچين يتحدان بحجم من الأكسجين عند الفرقعة .

∴ فى كل ٣ سـ م٣ يوجد ٢ سـ م٣ من الأيدروچين .

∴ فى ٢٠,٧ سـ م٣ من مخلوط الغازين يوجد حجم من الأيدروچين = ١٣,٨ سـ م٣

فنرى أن ١٨,٤ سـ م٣ من الأيدروچين والأزوت كان يحتوى قبل إدخال الأكسجين على ١٣,٨ سـ م٣ من الأيدروچين و٤,٦ سـ م٣ من الأزوت أى أنه تكوّن من ٩,٢ سـ م٣ من النوشادر ١٣,٨ سـ م٣ من الأيدروچين و٤,٦ سـ م٣ من الأزوت وبالتأمل يرى أن العـدد ٤,٦ هو القاسم المشترك الأعظم لهـذه الأعداد فيظهر بقسمتها عليه أنه يتكوّن من حجمين من النوشادر حجم واحد من الأزوت وثلاثة حجوم من الأيدروچين .

حجمان من النوشادر = حجما من الأزوت + ٣ حجوم من الأيدروچين

أضف الى ماتقدّم أنه اذا مزج ثلاثة حجوم من الأيدروچين بحجم من الأزوت وأمرت شرارات كهربائيـة متتابعة فانه يتحد مقدار صغير من الغازين واذا امتص النوشادر الناتج من هذا الاتحاد كمية صـغيرة من حامض الكبريتيك المخفف وبقيت الشرارات مارّة حصل مقدار آخر من النوشادر يمتص فى الحال وهكذا بإزالة النوشادر

بمجرّد حصوله يمكن أن يتحد الغازان عن آخرهما وهذا يبرهن مباشرة على أن حجما واحدا من الأزوت يتحد بثلاثة حجوم من الأيدروچين ليحصل النوشادر .

ويجب أن يلاحظ أنا لم نعلم هنا شيئا يتعلق بمقدار حجم النوشادر الذى تكوّن من هذا الاتحاد .

اتحاد أول أكسيد الكربون والأكسچين — يمكن تعيين حجمى أول أكسيد الكربون والأكسجين اللذين يتحدان بفرقعة أوّل أكسيد الكربون فى الإديومتر مع حجم من الأكسجين يزيد على مايلزم ويظهر من النتائج التى حصل عليها بهذه الطريقة ما يأتى :

حجمان من أوّل أكسيد الكربون + حجما من الأكسجين = حجمين من ثانى أكسيد الكربون .

(٦١) قانون الأحجام لجاى لوساك

كشف "جاى لوساك" — يمكن تلخيص ما ذكرنا من الحقائق فى الجدول المبين هنا وبجمع أمثال هذه النتائج ومقارنتها توصل "جاى لوساك" الى استنباط النتيجة التى عبر عنها بقوله : (عند ما تتفاعل الغازات يكون اتحادها دائما على أبسط النسب من حيث الحجم) وهذا عين ما رأيناه فى الأمثلة السابقة فان نسبة الاتحاد هى ١ : ١ أو ١ : ٢ أو ١ : ٣ وقد أدرك "جاى لوساك" أيضا أن هناك نسبة بسيطة بين حجم المركب اذا كان غازا وبين حجوم الغازات المتحدة وأظهر التباين بين هذه النسب البسيطة وبين نسب أوزان العناصر المتحدة التى لا يمكن التعبير عنها بأى عدد بسيط منه .

الغازات المتحدة (١)	الغازات المتحدة (٢)	الغاز المركب
الأيدروچين حجمان	الأكسچين حجم	البخار المائى حجمان
الأيدروچين حجم	الكلور حجم	كلورور الايدروچين حجمان
الأيدروچين ٣ حجوم	الأزوت حجم	النوشادر حجمان
الأكسجين حجم	أول أكسيد الكربون حجمان	ثانى أكسيد الكربون حجمان
النوشادر حجم	كلورور الأيدروچين حجم	كلورور الامنيوم جسم صلب

تفاعلات الغازات مع الأجسام الصلبة — إذا تفاعلت مادة صلبة وغاز فإن حجمها لا يكون بينه وبين حجم الغاز نسبة بسيطة ولكن ربما كانت المادة أو المواد الناتجة غازية فعند احتراق الكربون مثلا فى الأكسجين يحصل ثانى أكسيد الكربون ويمكن تعيين الحجوم المتعلقة بهذا التفاعل بالجهاز المبين (بشكل ٨٧) .

وهو يتركب من أنبوبة ذات شعبتين قد وسع أحد طرفيها حتى صار كالكرة تقفل فوهته بسداد محكم من الزجاج أو الصمغ المرن يمر فيه سلكان غليظان من النحاس نتصل بأحدهما ملعقة صغيرة من النحاس وبالأخرى سلك قصير من البلاتين يحيط بقطعة من فحم الخشب قد وضعت فى الملعقة بحيث يكون السلك متصلا بالملعقة .

وبعد أن يمر الأكسجين فى الكرة حتى يحل محل الهواء يسكب الزئبق فى الساق الملتوية حتى تمتلىء الأنبوبة الى منتصفها ويصير الزئبق فى مستو واحد فى الشعبتين فيثبت السداد فى مكانه ويعين حجم الأكسجين بالضبط ثم يمر تيار كهربائى فى سلك البلاتين حتى يسخن الى درجة الاحمرار ويشعل فحم الخشب وبعد أن تصير الأنبوبة فى درجة حرارة الحجرة يرى أن حجم ما بقى من الغاز يساوى حجم ما كان فى الأنبوبة قبل احتراق فحم الخشب مساواة تامة أى أن حجم ثانى أكسيد الكربون الحاصل يساوى حجم ما استعمل من الأكسجين .

(شكل ٨٧) جهاز لاحتراق الكربون فى الأكسجين

حجم من الأكسجين + كربونا (جسم صلب) = حجما من ثانى أكسيد الكربون

ومثل ذلك يحدث من احتراق عنصر الكبريت فى الأكسجين ويستخدم هذا الجهاز نفسه فى فحصه فيرى أيضا أن حجم الأكسيد الغازى الحاصل يساوى حجم الأكسجين المستعمل تماما .

حجم من الأكسجين + كبريتا (جسم صلب) = حجما من أكسيد الكبريت

أى أن حجم الغاز المتحد بالجسم الصلب كان فى كلتا الحالتين مساويا لحجم الغاز الحاصل من الاتحاد .

وهناك أمثلة أخرى لأكاسيد الأزوت فعند احتراق الفسفور فى أكسيد الأزوتيك يكون حجم ما يحصل من الأزوت مساويا نصف حجم الأكسيد المستعمل .

حجمان من أكسيد الأزوتوز + فسفورا (جسم صلب) = حجما من الأزوت + أكسيد الفسفور (جسم صلب)

وكذا عندما يحترق الفسفور فى أكسيد الأزوتوز يكون حجم الأزوت الحاصل مساويا حجم الأكسجين المستعمل .

حجم من أكسيد الأزوتوز + فسفورا (جسم صلب) = حجما من الأزوت + أكسيد الفسفور (جسم صلب)

عبارة قانون "جاى لوساك" — يمكن الآن وضع عبارة قانون الأحجام لجاى لوساك كما يأتى حتى تشمل أمثال هذه الحالات الأخيرة فنقول :

بين أحجام الغازات الداخلة فى أى تفاعل كيميائى والمكوّنة منه علاقة عددية بسيطة .

الحساب المبنى على حجوم الغازات المتحدة — يمكن أن نبنى على الحقائق التى جمعناها فى هذا الباب حسابا بسيطا يتعلق بالحجوم والأوزان للغازات الداخلة فى الاتحاد الكيميائى والخارجة منه فنقول :

(١) من الممكن أن نُحقق صحة ما قررناه متعلقا بالأوزان الاتحادية للعناصر فلو فرضنا مثلا فى اتحاد الأيدروجين والأكسجين أن الغازين قيسا أثناء التجربة جميعها فى درجة حرارة الصفر المئوى تحت ضغط ٧٦٠ مليمترا لكان

حجمان من الأيدروجين + حجما من الأكسجين = حجمين من البخار المائى .

∴ لتران من الأيدروجين + لترا من الأكسجين = لترين من البخار المائى .

ولكن كثافة الأيدروجين (أى وزن اللتر منه فى ٠° مئوية تحت ضغط ٧٦٠ مليمترا) تساوى ٠٫٠٩ من الجرام وكثافة الاكسجين تساوى ١٫٤٤ من الجرامات .

∴ ٠٫١٨ من الجرام من الأيدروجين تتحد بـ ١٫٤٤ من الجرامات من الأكسجين لتكون ١٫٦٢ من الجرامات من البخار المائى ويحصل وزن البخار المائى إما بجمع وزنى الأيدروجين والأكسجين وإما من وزن لتر من البخار المائى الذى يساوى ٠٫٨١ من الجرام فى ٠° مئوية تحت ضغط ٧٦٠ مليمترا .

∴ جرام من الأيدروچين يتحد بـ $\frac{١٫٤٤}{٠٫١٨}$ أى ٨ جرامات من الأكسچين ليكون $\frac{١٫٦٢}{٠٫١٨}$ أى ٩ جرامات من المـاء

وهـذه الأعداد تقريبية فقط وإنمـا تثبت صحة النتائج التى حصلناها مباشرة بتعيين الأوزان وبمثل هذا الحساب يمكن أن تحقق صحة الأوزان الاتحادية لعناصر أخرى .

(٢) وعلى هذا النسق يمكن اظهار العلاقة بين أوزان المواد المتفاعلة تفاعلا كيميائيا وبين الحجوم الغازية .

(ا) فإذا اردنا حساب وزن كلورور الأيدروچين الحاصل من اتحـاد الكلور بـ ١٠ لترات من الأيدروچين المقيس فى ٠° مئوية تحت ضغط ٧٦٠ مليمترا وجدنا أن لترا من الأيدروچين + لترا من الكلور = لترين من كلورور الأيدروچين

ولكن وزن اللتر الواحد من كلورور الأيدروچين يساوى ١٫٦٤ من الجرامات فى ٠° مئوية تحت ضغط ٧٦٠ مليمترا .

∴ يحصـل من اللتر الواحد من الأيدروچين (٢ × ١٫٦٤) من الجـرامات من كلورور الأيدروچين .

∴ يحصـل من ١٠ لترات من الأيدروچين ٣٢٫٨ من الجرامات من كلورور الأيدروچين .

(ب) لحساب وزن ملح النوشادر اللازم لتجهيز نحو ٥ لترات من غاز النوشـادر يجب تعيين وزن النوشادر الذى فى وزن معين من ملح النوشادر هكذا :

لتر من النوشادر ولتر من الأيدروچين يتحدان لتكوين ملح النوشادر .

وبإبدال الأوزان فى ٠° مئوية تحت ضغط ٧٦٠ مليمترا ينتج

٠٫٧٦ من الجرام من النوشادر و ١٫٦٤ من الجرامات من كلورور الأيدروچين تتحد لتكوين ملح النوشادر .

ولكن وزن ملح النوشادر الحاصل يساوى مجموع وزنى النوشادر وكلورور الأيدروچين المتحدين .

∴ من ٠٫٧٦ من الجرام من النوشادر يتكوّن ٢٫٤٠ من الجرامات من ملح النوشـادر .

فيكون ٠,٧٦ من الجرام هو مقدار النوشادر الذى فى ٢,٤٠ من الجرامات مين ملح النوشادر أى أنه يحصل من ٢,٤٠ من الجرامات من ملح النوشادر لتر واحد من النوشادر مقيسا فى ٠° مئوية تحت ضغط ٧٦٠ مليمترا فللحصول على ٥ لترات من النوشادر يلزم استعمال ١٢,٠٠ جراما من ملح النوشادر .

تركيب الميثان — يمكن أحيانا أن تستنتج معلومات تتعلق بتركيب المركبات الغازية كالميثان وذلك بطرق مؤسسة على معلوماتنا فى الجحوم المتحدة للعناصر الغازية فلو فرقع الميثان فى الاديومتر مع كمية من الأكسجين تزيد على مايلزم حتى يحترق عن آخره نتج ما يأتى :

حجم من الميثان + حجمين من الأكسجين = حجما من ثانى أكسيد الكربون + بخارا مائيا (متكاثفا) .

فما يتكوّن من البخار المائى يتكاثف وما يتكوّن من ثانى أكسيد الكربون يمتصه محلول البوتاسا الكاوية وما يبقى من الغاز يرى أنه أكسجين .

وبإبقاء درجة الحرارة فوق ١٠٠° مئوية يرى أن مقدار البخار المائى يساوى ٢ من حيث الحجم ومن هذه الحقائق نرى مثالا آخر لقانون الجحوم لجاى لوساك .

وقد علمنا أن حجمين من البخار المائى يحدثان من حجمين من الأيدروچين فينتج أن حجما معينا من الميثان يحتوى على ضعف حجمه من الأيدروچين وهذه النتيجة يمكن تحصيلها أيضا من حجم الأكسجين المستعمل بلا احتياج الى قياس حجم البخار المائى الحاصل وذلك لأنه قد بيّن أن حجما واحدا من ثانى أكسيد الكربون يتكوّن من حجم واحد من الأكسجين (صفحة ٢١٥) فمن المعادلة السابقة يظهر أنه قد استعمل من الأكسجين أحد الحجمين فقط فى الاتحاد بالكربون وتكوين ثانى أكسيد الكربون فحجم واحد من الأكسجين اتحد بالأيدروچين ومن حيث ان حجما واحدا من الأكسجين يتحد بحجمين من الأيدروچين فان حجما واحدا من الميثان يحتوى على حجمين من الأيدروچين متحدين بالكربون الذى فى حجم واحد من ثانى أكسيد الكربون .

تركيب الإثلين والأستلين — يمكن الآن تطبيق طريقة مماثلة لما تقدّم على مركبين آخرين من مركبات الأيدروچين والكربون وهما الإثلين والأستلين (صفحة ١٢٢) .

ويجب هنا أيضا احراق كل منهما مع حجم من الأكسجين يزيد على مايلزم .

حجم من الإثلين + ٣ حجوم من الأكسجين = حجمين من ثانى أكسيد الكربون + بخارا مائيا (متكاثفا) .

ومن حيث أن حجمين من الأكسجين يستعملان فى تكوين حجمين من ثانى أكسيد الكربون فان حجما واحدا من الأكسجين يستعمل فى الاتحاد بالأيدروچين أى أنه يجب أن يتكوّن حجم واحد من الإثلين من حجمين من الأيدروچين المتحد بالكربون الذى فى حجمين من ثانى أكسيد الكربون .

وفى الأستلين تكون النتيجة كما يأتى :

حجمان من الأستلين + ٥ حجوم من الأكسجين = ٤ حجوم من ثانى أكسيد الكربون + بخارا مائيا (متكاثفا) .

أى يستعمل فى هذه الحالة حجم واحد من الأكسجين فى الاتحاد بالأيدروچين ويجب أن يتكوّن حجمان من الأستلين من حجمين من الأيدروچين ومن الكربون الذى فى أربعة حجوم من ثانى أكسيد الكربون فحجم واحد من الأستلين يجب أن يحتوى على حجم واحد من الأيدروچين وعلى الكربون الذى فى حجمين من ثانى أكسيد الكربون .

أسئلة على البـاب الثـالث والعشرين

(١) إذا حصر حجم معين من النوشادر فوق الزئبق فى إديومتر وأمر فى الغـاز شرر كهربائى مدّة فما الذى يحدث ؟ وهل تكون النتيجة واحدة إذا أدخل فى الإديومتر مقدار صغير من حامض الكبريتيك ؟

(٢) كيف تبيّن بالعمل أنه يمكن الحصول على ٢٠ سـ م^3 من البخار المائى من ٢٠ سـ م^3 من الأيدروجين و١٠ سـ م^3 من الأكسجين إذا قيست هـذه الحجوم فى درجة حرارة واحدة تحت ضـغط واحد ؟ ارسم شـكلا واضحا للجهاز الذى تستعمله .

(٣) فى إديومتر ٢٠ سـ م^3 من مخلوط الأيدروچين والأزوت أضيف اليه ١٢ سـ م^3 من الأكسجين ثم أمر فيـه شرر كهربائى وبعد الفرقعـة قيس الحجم فوجد ١١ سـ م^3 اوجد النسبة المئوية لحجم الأيدروچين الذى فى المخلوط الأصلى .

(٤) يحتوى وعاء مسدود على مخلوط مكوّن من ٢٠ سـ $م^٣$ من الكلور و ٢٦ سـ $م^٣$ من الأيدروچين وقد ترك هذا الوعاء أوّلا معرّضا لضوء الشمس غير المباشر و بعد مدة وضع فى ضوء الشمس مباشرة ثم فتح أوّلا تحت الزئبق وثانيا تحت المـاء. اذكر مايحدث فى كل من الحالتين بالدقة والضبط .

(٥) كيف تعيّن نسبة أوّل أكسيد الكربون الى الأيدروچين فى مخلوط مكوّن منهما ؟

(٦) أدخل ٢٠٠ سـ $م^٣$ من الأيدروچين فى أنبـوبة مدرجة منكسـة على الزئبق ثم أضيف الى ذلك فى اليوم التالى ١٠٠ سـ $م^٣$ من الأكسچين فاذاعلم أن البارومتر نزل فى هذه الفترة من ٧٦٠ مليمترا الى ٧٣٠ مليمترا وأن المخلوط بعد ذلك فرقع ووجدت بقية من الغاز فمم تتكوّن هذه البقية وما الحجم الذى تشغله ؟

(٧) اشرح تجربة يتحـد فيها غاز ما بمـا يساوى نصف حجمه من غاز آخر . ما حجم الغاز الحاصل منهما ؟

(٨) اذكر تركيب الغاز الحاصل من فرقعة كل من المخاليط الآتية وحجمه :

(ا) حجمان من الهواء مع حجم من الأيدروچين .

(ب) حجمان من الكلور مع حجم من الأيدروچين

(حـ) حجمان من الأكسچين مع حجم من الأيدروچين .

(٩) إذا أمرت شرارة كهربائيـة فى مخلوط مكوّن من ١٠ سـ $م^٣$ من الأيدروچين و ١٠ سـ $م^٣$ من غاز المستنقعات و ٣٠ سـ $م^٣$ من الأكسچين فمـا حجم الغاز الباقى بعد ذلك وتركيبه ؟

(١٠) إذا أشعلت قطعة من الكبريت فى مستودع كُرِىّ مقفل مملوء بالأكسچين فاذكر ووضح مايحدث عندفتح الفوهة (ا) تحت الزئبق (ب) تحت محلول البوتاسا الكاوية .

(١١) اذكر قانون الأحجـام لجاى لوساك ووضح معناه باتحـاد الأيدروچين بالأكسچين وبالكلور .

(١٢) أحرقت قطعة صـغيرة من فحم الخشب فى كل من دورقين مسـدودين ومملوءين أكسچينا فى درجة حرارة المعمل تحت الضـغط الجوّى فيه وقد علق فى أحد الدورقين قطعة من عمود البوتاسا الكاوية . بيّن التأثّر فى وزن كل من الدورقين بعد أن يرجعا الى درجة الحرارة الأصلية ثم يعرّضا للهواء مفتوحين لحظة .

وضح جميع مايحدث فى كل حالة وبيّن كيف تصل الى استنباطاتك .

(١٣) تكون حجوم الغازات عند اتحادها متساوية أو فى نسب بسيطة . اشرح تجربة يتحد فيها حجمان متساويان لغازين وأخرى يتحد فيها حجمان لغاز بحجم واحد لغاز آخر بحيث يحدث حجمان من المركب .

(١٤) أكتب على العلاقات التى قد لوحظ ثبوتها بين حجوم الغازات الداخلة فى تغير كيميائى وبيّن ذلك بأمثلة .

(١٥) إذا أعطيت قنينة كبيرة تحتوى على مخلوط من النوشادر والأزوت فاقترح طريقة مبنية على خواص هذين الغازين لتحصّل بها نموذجا من كل منهما وارسم الجهاز الذى تستعمله وبعد تحصيل النوشادر بيّن كيف تفصل عنه ما فيه من الازوت.

الباب الرابع والعشرون

الكبريت وثانى أكسيد الكبريت وحامض الكبريتوز

(٦٢) الكبريت

تدريب ١٢٠ — خـواص الكبريت .

(ا) افحص شيئا من كبريت العمود وعين درجة حرارة انصهاره بالطريقة التى سبق شرحها فى تدريب ١٧ (ى) ثم انظر هل الكبريت قابل للذوبان فى المـاء وكذا فى الكحول ؟

تحـــذير : قبل البدء فى التجربة الا تيـة أطفئ لهب جميع المصابيح القريبة من النَّضَدِ لأن ثانى كبريتور الكربون سائل شديد الالتهاب جدًا .

(ب) أذب شيئا من مسحوق الكبريت فى ثانى كبريتور الكربون وهو سائل مركب من الكبريت والكربون وبعـد أن يذوب عن آخره ضع المحلول فى خزانة البخار حتى يبخر السائل ثم افحص وارسم أكمل البلورات الحاصلة .

(حـ) سخن قليلا من مسحوق الكبريت فى أنبوبة اختبار تسخينا تدريجيا فاذا انصهر فأزل اللهب وافحص السـائل الحاصـل ثم استمر فى التسخين ملاحظا التغيرات الحادثة فى السائل ملاحظة دقيقة .

(ء) خذ كوبا كبيرا مملوءا ماء وسخن شيئا من الكبريت فى أنبوبة اختبار وبمجرد انصهاره اسكبه فى الماء ثم افحص الكبريت الذى تحوّل الى جسم صلب واكسر قطعة منه . هل هو متبلور ؟ ثم سخن مقدارا آخر من الكبريت فى أنبوبة اختبار حتى يغلى ثم اسكبه ببطء فى ماء بارد أثناء غليانه ثم أخرجه من الماء وقارنه بكبريت العمود . هل هو متبلور ؟ افتل قطعة منه بين أصابعك ولاحظ التغير الحادث وافحص الباقى بعد يوم أو يومين واذكر ما حدث من التغيرات .

(هـ) اصهر قليلا من كبريت العمود ودعه يبرد حتى يتكوّن على سطحه قشرة رقيقة . أثقب فيها عدة ثقوب واسكب ما يبقى منه سائلا فى وعاء آخر فاذا برد فاعزل القشرة بمبراة وافحص البلورات التى تكوّنت تحتها .

(و) سخن قليلا من الكبريت فى أنبوبة اختبار حتى يغلى ثم أزل بعض ما تراكم على الأجزاء العليا للأنبوبة وافحصه بعدسة .

تدريب ١٢١ — اتحاد الكبريت بالفلزات —

(أ) ضع قليلا من الكبريت فى قعر أنبوبة اختبار وزج فيها شيأ من مخروط (خراطة) النحاس أو قطعا مطوية من سلك ثم سخن الكبريت حتى يغلى ويتوهج النحاس وبعد أن تبرد الأنبوبة أخرج النتاج منها وقارنه بالكبريت ثم بالنحاس .

(ب) سخن فى أنبوبة اختبار مخلوطا مكوّنا من مقدارين متساويين من برادة الحديد والكبريت وبعد أن يغلى الكبريت بضع دقائق دعه يبرد ثم افحص المادة الباقية فى الأنبوبة .

(حـ) ادلك قطعة فضية بمسحوق الكبريت المندى بالماء وبعد قليل من الأيام اغسل الكبريت عنها وافحص سطحها ثم اذكر دليلك على حدوث مركب من الكبريت والفضة .

تدريب ١٢٢ — أكسيد الكبريت — أشعل قليلا من الكبريت فى ملعقة إحراق ثم دعه يحترق فى مخبار مملوء هواء أو أكسجينا ثم افحص الغاز الحاصل ملاحظا رائحته ومظهره وقابلية ذوبانه فى الماء وتأثير هذا المحلول فى عباد الشمس .

عنصر الكبريت — يعرف الكبريت فى التجارة على شكلين : (١) كبريت العمود وهو عصى قصيرة من جسم صلب هش متبلور (٢) وزهر الكبريت وهو مسحوق

ناعم أصفر خفيف والمادة التى يتركب منها كبريت العمود قابلة للذوبان بسهولة فى ثانى كبريتور الكربون (مركب من الكبريت نفسه والكربون) ولكن زهر الكبريت لايذوب إلا قليلا فى كبريتور الكربون ويبقى منه بقية غير متبلورة وغير قابلة للذوبان ويمكن قسمة زهر الكبريت الى مادتين ولكن كلا منهما لايحتوى إلا على الكبريت لأنهما اذا أحرقتا فى الأكسجين لايحصل إلا أكسيد واحد فى كل حالة والحقيقة أن عنصر الكبريت يوجد على صور عديدة مختلفة كما هو الحال فى الكربون .

الخواص الطبيعية للكبريت .

(١) اذا أذيب الكبريت فى ثانى كبريتور الكربون وترك السائل يبخر ببطء تحصل لورات على الصورة المبينة بشكل (٨٨) وتتكوّن مثل هذه البلورات تكوّنا طبيعيا أيضا (شكل ٨٨) .

ولكن يندر وجودها كاملة على الشكل ذى الثمانية السطوح المعينى وتقرب غالبا من الشكل البلورى المذكور وكثافة هذه البلورات تساوى ٢,٠٦ ودرجة حرارة الانصهار ١١٤° مئوية .

(٢) يصهر الكبريت فى بودقة كبيرة ويترك حتى يبرد فتنشأ على سطحه قشرة وتثقب عدّه ثقوب يسكب منها مايبقى من السائل فاذا بردت البودقة تكشط القشرة وتنزع فيرى فى الداخل نتاج من بلورات على شكل الأبر تختلف اختلافا تاما عن النوع ذى الثمانية السطوح وهى منشورات على صورة مخصوصة ليس فيها إلا مستو واحد



(شكل ٨٨) بلورات الكبريت الطبيعية ذات الثمانية السطوح مأخوذة من جرجنتى بإيطاليا

يقسمها الى أنصاف متشابهة فلذا تنسب الى طائفة البلورات الواحدية التماثل أو الواحدية الميل وهى تنصهر فى درجة حرارة ١٢٠° مئوية واذا تركت تبرد تحت ٩٦° مئوية فانها تتحوّل بالتدريج الى بلورات دقيقة من النوع ذى الثمانية السطوح .

(٣) يكون الكبريت فوق درجة حرارة انصهاره بقليل سائلا مائلا الى الاصفرار رائقا مائعا اذا سخن الى درجة ١٦٠° مئوية يدكن لونه بغتة ويصير ثخينا كالقند (العسل الأسود) واذا ارتفعت درجة حرارته أكثر من ذلك فان سيولته تزيد قليلا واذا سكب وهو على هذه الحال فى الماء البارد فبرد بغتة فليس هناك من الزمن مايكفى لإحداث بلورات وبذا يتحوّل الى مادة مرنة رائقة لونها كالكهرباء (الكهرمان) تعرف بالكبريت المرن وما هذه المادة فى الحقيقة إلا سائل ثخين لزج تحت درجة تجمده بكثير لو ترك لتحوّل ببطء هشا وتغير على الخصوص الى كبريت غير شفاف ولا متبلور ولا قابل للذوبان فى ثانى كبريتور الكربون ويطابق الكبريت غير القابل للذوبان المحصل من زهر الكبريت ويرى من الجدول الآتى أن صور الكبريت هذه يختلف بعضها عن بعض فى كثير من خواصها الطبيعية كالكثافة وقابلية الذوبان واذا وجد العنصر على مثل هذه الصور المختلفة قيل انه يتشكل والصور متشكلة ويوجد الكبريت السائل أيضا على صورتين متباينتين كما رأينا سابقا .

الخاصة	متبلور		غير متبلور
	المعينى	واحدى الميل	
درجة الانصهار	١١٤° مئوية	١٢٠ مئوية	—
الكثافة...	٢,٠٦	١,٩٦	١,٩٦
قابلية الذوبان فى :			
ثانى كبريتور الكربون	بسهولة	بسهولة	غير قابل
الماء	غير قابل	غير قابل	غير قابل

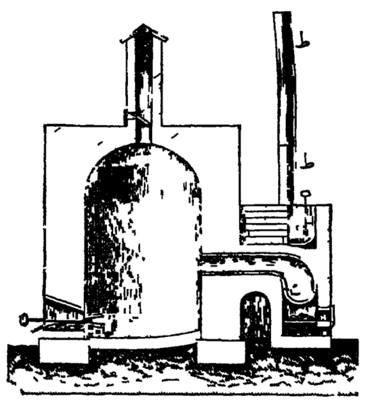
وعند تسخين الكبريت الى درجة ٤٤٨° مئوية يغلى محدثا بخارا أحمر .

خواص الكبريت الكيميائية — سبق أن رأينا أن الكبريت يحترق فى الأكسجين بسهولة ويكوّن أكسيدا غازا يسمى بانى أكسيد الكبريت وسنرى أيضا

فيما بعد أن الكبريت يتحد بالأيدروجين والكربون والكلور وتسمى مركبات الكبريت هذه مع عنصر آخر بالكبريتورات وتستعمل الإضافة (ور) هنا كما هو الحال دائما للدلالة على أن المركب لا يحتوى على أكثر من عنصرين . ويتحد الكبريت مباشرة بكثير من الفلزات فمثلا لو وضعت قطع من الكبريت فى أنبوبة ثم لويت قطعة صغيرة من سلك النحاس وثبتت فى الأنبوبة على بعد نحو خمسة سنتيمترات فوق الكبريت ثم سخن الكبريت حتى غلى لظهر بعد بضع دقائق أن النحاس أخذ يتوهج وبفحصه بعد أن يبرد نرى أنه قد تحول الى كبريتور أسود هش .

ويمكن تكوين كبريتور الحديد بتسخين برادة الحديد الممزوجة بما يساوى ضعف وزنها من الكبريت ويميز هذا المركب من الفلز بكونه هشا ويتحد القصدير بالكبريت كالنحاس عند تسخينه فى بخار هذا العنصر وأما الزئبق فيتكون منه كبريتور أسود بمجرد دعكه بزهر الكبريت بجميع الفلزات تقريبا تتحد مباشرة بالكبريت .

فالكبريت عنصر فعال لأنه يتحد مباشرة بكثير من العناصر وهذا ما يخالف فيه الأزوت مخالفة تامة .

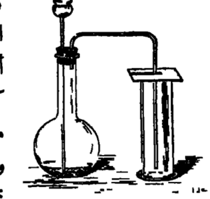


(شكل ٨٩) تنقية كبريت

الكبريت فى الطبيعة — يوجد هـذا العنصر فى كثير من الأراضى القريبة من البراكين غير متحد ممتزجا بصخور متنوعة ويستخرج من المناجم فى ايطاليا وصقلية واليابان وأمريكا الشمالية ففى صقلية يفصل عن الأجسام الغريبة الممزوجة به فصلا يضيع به كثير منه فهناك قمائن رديئة مبنية على سطح منحدر بجانب التلال فيكوم الكبريت الخام فى القمين ثم يغطى بالتراب ويجعل فى الكومة منافذ ثم يشعل من الأسفل فيحترق احتراقا بطيئا وتصهر الحرارة الناشئة أكثر الكبريت فيسيل على الأرض المائلة ثم يخرج من فتحة فى الأسفل وهو يحترق غالبا.فيضيع أكثر من ثلثه وقد أخذوا بالتدريج يستعملون طرقا أكثر اقتصادا من هذه ثم أن الكبريت الحاصل بالطريقة السابقة ينقى بالتقطير من معوجات من الفخار (شكل ٨٩ ح) حيث يتكاثف البخار فى مستودعات من الطوب (شكل ٨٩ ا) فينزل على الحيطان أثناء برودة المستودع فى صورة زهر الكبريت وعند مايصير مستودع التكاثف ساخنا يتجمع الكبريت سائلا على الأرض (شكل ٨٩ س) فيذهب به حيث يصب فى قوالب على شكل عصى وهو ما يسمى بكبريت العمود .

(٦٣) ثانى أكسيد الكبريت وحامض الكبريتوز

تدريب ١٢٣ — تجهيز ثانى أكسيد الكبريت — خذ دورقا ذا قمع على شكل زهرة الحسك قد ركبت فيه أنبوبة ذات زاويتين قائمتين (شكل ٩٠) وضع فيه ١٥ جراما من مخروط (خراطة) النحاس واغمرها بحامض الكبريتيك المركز ثم سخنه حتى يصعد الغاز وافرا وحينئذ أزح اللهب حتى لا يفور السائل ثم اجمع الغاز فى مخابير كما هو مبين (بشكل ٩٠) ولتعيين مقدار ما فى أحد المخابير من الغاز تدلى فيه شمعة رفيعة موقدة. ثم املأ سبعة مخابير ودورقا غازا وسدّ فوهة الدورق بسداد من الصمغ المرن بمجرد ملئه وضع طرف أنبوبة الوصل فى أنبوبة اختبار مملوءة الى منتصفها ماء .



(شكل ٩٠)
تجهيز ثانى أكسيد الكبريت

تدريب ١٢٤ — خواص ثانى أكسيد الكبريت .

(ا) قارن هـذا الغاز من حيث الرائحة والمظهر والقابلية للذوبان بالغاز الذى جهز بتدريب ١٢٢ .

(ب) عيّن كثافة ثانى أكسيد الكبريت مستعملا الدورق الذى ملئ غازا فى تدريب ١٢٣ .

(حـ) هل ثانى أكسيد الكبريت قابل للذوبان فى الماء ؟ بيّن تأثير المحلول فى عباد الشمس ثم اذكر تأثير الغاز فى ورق عباد الشمس الرطب ثم اغل المحلول بضع دقائق . هل لايزال حامضيا ؟

(ى) ضع أزهارا ناضرة اللون وشيئا من أوراق الأشجار الخضراء فى مخبار مملوء بثانى أكسيد الكبريت وبعد مدة لاحظ ماطرأ من تغير فيها .

(هـ) بيّن هل شئ من المواد المألوفة القابلة للاحتراق تبقى محترقة فى ثانى أكسيد الكبريت .

تدريب ١٢٥ — محلول ثانى أكسيد الكبريت فى الماء .

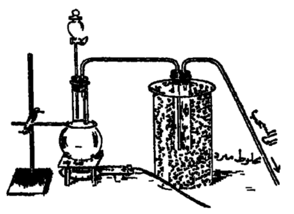
(ا) أضف الى محلول مركز من هذا الغاز فى الماء محلول الصودا الكاوية قطرة قطرة حتى يتعادل المخلوط ثم سخن قطرات منه على زجاجة ساعة ولاحظ ما يبقى ثم بخر باقى المخلوط فى وعاء وبعد أن يجف الجسم الصلب الحاصل افحصه واشرحه وذق قطعة صغيرة منه . هل هو متعادل مع عباد الشمس ؟ وماذا يشابه من المواد ؟ ضع الباقى منه فى أنبوبة اختبار واغمره بحامض الكبريتيك أو الكلوردريك المخفف ولاحظ رائحة الغاز الصاعد ثم ادن من فوهة الأنبوبة قطعة من عباد الشمس الأزرق الرطب واحذر أن تلمس الحامض المخفف الذى سكبته فى الأنبوبة . ما تأثير الغاز فى عباد الشمس الأزرق ؟ وما طبيعته ؟

(ب) اقسم محلولا فى الماء من ثانى أكسيد الكبريت قد جهز حديثا الى قسمين ثم أضف الى أحدهما قطرات من محلول ادركسيد الباريوم أو كلوروره (الباريوم فلز يشابه الكلسيوم كثيرا وأدركسيد الباريوم يشابه الجير المطفأ) . هل مايتكون من الراسب يذوب بإضافة حامض الكلوردريك المخفف اليه ؟ أترك القسم الثانى معرضا بضعة أيام .

(حـ) افحص محلول ثانى أكسيد الكبريت الذى تركته معرضا للهواء وأضف اليه محلول إدركسيد الباريوم ثم حامض الكلوردريك . هل الراسب قد ذاب ؟ ماسبب اعتقادك أن محلول ثانى أكسيد الكبريت قد تغير من بعض الوجوه ؟

ثانى أكسيد الكبريت — هذا الأكسيد الحاصل من احتراق الكبريت فى الأكسجين غاز عديم اللون ذو مذاق غريب ورائحة خانقة وكثيرا مايستعمل لتطهير الحجر بعد المرض لأنه يفتك بالمكروبات وللحصول عليه تحترق شمعة كبريتية فى الحجرة الوبيئة ويجهز فى المعمل غالبا من النحاس وحامض الكبريتيك المركز فيوضع مخروط (خراطة) النحاس فى دورق ثم يغمر بالحامض ويسخن هذا حتى يكاد يغلى وبذلك يصعد الغاز بسرعة ويمكن جمعه بالإزاحة السفلية لأنه قابل للذوبان فى الماء ويحصل على تيار منه أكثر استمرارا وانتظاما بجعل حامض الكبريتيك الممزوج بنصف حجمه من الماء يقطر على كبريتيت الصوديوم الصلب قطرة قطرة .

خواص هذا الغاز الطبيعية — اذا أمر ثانى أكسيد الكبريت فى أنبوبة اختبار قد بردت بوضعها فى مخلوط من الثلج والملح فانه يتحول الى سائل (شكل ٩١) ويمكن أيضا إسالته فى درجات الحرارة المعتادة بضغط يساوى نحو ثلاثة ضغوط جوية وبذلك يمكن بيعه فى ممصات وبخفض درجة الحرارة يجمد . ويمتصه الماء اذا أمر فيه وفى درجة حرارة الصفر المئوى يذوب منه فى الماء ما يساوى حجم الماء ٨٠ مرة .



(شكل ٩١) اسالة ثانى أكسيد الكبريت

خواص ثانى أكسيد الكبريت الكيميائية — لا يساعد ثانى أكسيد الكبريت على الاحتراق أو التنفس ومعنى ذلك أن مافيه من الأكسجين متحد تمام الاتحاد بالكبريت بخلاف أكاسيد الأزوت وخصوصا أكسيد الأزوتوز الذى يكون فيه الأكسجين متحدا اتحادا منحلا حتى ان المواد القابلة للاحتراق تكاد تحترق فيه كما تحترق فى الأكسجين النقى واذا كان ثانى أكسيد الكبريت رطبا أزال الألوان النباتية كألوان أكثر الأزهار ويستعمل فى التجارة لتبييض (القش) والحرير وغيره من المنسوجات الرقيقة التى يتلفها الكلور .

واذا أمر فى الماء يذوب محدثا حامضا ضعيفا يعرف بحامض الكبريتوز وهذا المركب يشابه حامض الكربونيك فى أنه يتجزأ بسهولة عظيمة فبتسخين المحلول يصعد ثانى أكسيد الكبريت عن آخره تاركا الماء .

وإذا أمر ثانى الأكسيد هذا فى أدركسيد الصوديوم حتى يكتسب السائل رائحة الغاز ثم بخر المحلول حتى جف حصلت بلورات صلبة متعادلة مع عباد الشمس وظاهر أن هـذا الجسم الصلب ملح لحامض الكبريتوز ويعرف بكبريتيت الصوديوم (قارنه بالأزوتيت) .

الكبريتيتات — إذا مزج كبريتيت بحامض مخفف حصـل حامض كبريتوز لو سخن لتجزأ فى الحـال الى ثانى أكسـيد الكبريت وماء ولظهر بذلك ثانى أكسـيد الكبريت ويمكن اسـتخدام هذا التفاعل فى كشـف الكبريتيتات فلو أضيف مثـلا الى الكبريتيت المذاب فى المـاء محلول من أدركسـيد الباريوم أو أى ملح باريوم آخر لرسب كبريتيت الباريوم لأنه غير قابل للذوبان فى المـاء وهـذا الراسب يذوب بسهولة فى حامض الكلوردريك المخفف .

حامض الكبريتوز عامل اختزال — يتغير حامض الكبريتوز تغيرا ما اذا ترك معرضا للهواء لأن ما يتكون من الراسب بأضافة محلول ملح باريوم اليـه لا يكون قابلا للذوبان فى حامض الكلوردريك المخفف ويمكن احداث هـذا التغير بطريقة أسرع وذلك بإغلاء حامض الأزوتيـك وامرار الأبخرة الصـاعدة الى الدورق ورجهـا مع حامض الكبريتوز ويتوصـل أيضا الى نفس هـذه النتيجة بإمرار الكلور فى حامض الكبريتوز وظاهر أن هـذه التغيرات لاتحدث إلا بمؤثرات مؤكسدة لحامض الكبريتوز يتحد بالأكسجين مكوّنا حامضا يحتوى على الأكسجين بنسبة أكبر ممـا فيه وهذا هو حامض الكبريتيك المألوف وأما الراسب الأبيض غير القابل للذوبان فى حامض الكلوردريك فهو كبريتات الباريوم .

وإذا أضـيف الكلور الى حامض الكبريتـوز فانه يتحوّل الى كلورور الأيدروچين ويؤخذ الأيدروچين اللازم لذلك من المـاء الموجود وهنا يقال إن الكلور قد اختزل ولو أنه لم يؤخذ منه أكسجين .

وهذا توسع فى معنى كلمة "اختزال" فى الاصطلاح حتى تشمل جميع الحالات التى يزيد فيهـا نسبة الأيدروچين أو أى عنصر فلزى فى المركب أو تنقص فيها نسـبة الأكسجين أو أى عنصر غير فلزى فى المركب وبمثل ذلك يتوسع فى معنى كلمة تأكسد على عكس ما ذكرنا .

أسئلة على الباب الرابع والعشرين

(١) اشرح تجهيز ثانى أكسيد الكبريت واذكر كيف تبيّن أنه مختزل .

(٢) اشرح كيف تحصل على عنصر الكبريت فى ثلاث صور مختلفة .

(٣) إذا أعطيت قطعة من كبريت العمود فبيّن ما تعمله لتحصل منها على أكسيد وحامض .

(٤) اشرح التغيّرات التى يمكن مشاهدتها أثناء ارتفاع درجة حرارة الكبريت إذا سخن فى أنبوبة اختبار .

(٥) ما الصور التى يكون عليها الكبريت طبيعيا ؟ إذا قيل إن معدنا تكوّن من الكبريت المتحد بفلز مّا فما التجارب التى تعملها لمعرفة وجود الكبريت فى هذا المعدن .

(٦) إذا أحرق الكبريت فى مخبار مملوء أكسجينا ورج النتاج مع محلول الصودا الكاوية ثم ركز المحلول الناتج ومزج بحامض الكلوردريك فما التفاعل الحاصل وما خواص نتاجه ؟

(٧) اشرح التغيرات الطبيعية والكيميائية التى تحدث عند إحراق كل من المادتين الآتيتين وحدها فى الهواء :
(أ) الكبريت؛ (ب) أكسيد الزئبق .

(٨) وضح معنى التشكل فى الاصطلاح بشرح الصور الرئيسية التشكلية لكل من العنصرين الكبريت والكربون .

(٩) اكتب بالاسهاب على طريقة لتعيين درجة حرارة انصهار جسم صلب مشيرا بعناية الى ما يمكن أن يقع فى طريقتك من الخطأ وما يمكن أن تتخذه من الاحتياط لاتقائه .

(١٠) اشرح كبريت العمود وزهر الكبريت وبيّن كيف تحصل من أحدهما صورتين مختلفتين من الكبريت المتبلور .

تمارين عملية

(١) اغل محلولا من كبريتيت الصوديوم مدة بعد أن تضع فيه قطعا من كبريت العمود ثم يرشح المحلوط ويضاف حامض الكلوردريك الى السائل الرائق . حقق ما يحدث من غاز وجسم صلب .

(٢) جهز محلولا مركزا من حامض الكبريتوز وعيّن بالضبط حجم محلول الصودا الكاوية اللازم لإحداث التعادل فى حجم ما من هذا الحامض ثم أضف الى كمية من الحامض كمية من محلول الصودا كافية لإحداث التعادل والى كمية أخرى كمية من محلول الصودا أيضا تساوى نصف مايكفى لإحداث التعادل ثم يبخر المزيجان ويقارن بين مايحدث من الملح فى كل من الحالتين .

(٣) ابحث عن طبيعة الغاز الصاعد من تسخين كبريت العمود مع حامض الكبريتيك المركز .

الباب الخامس والعشرون — حامض الكبريتيك

(٦٤) ثالث أكسيد الكبريت وحامض الكبريتيك

تدريب ١٢٦ — تجهيز حامض الكبريتيك .

(ا) أضف الى حامض الكبريتيك المخفف شيئا من ماء الباريتا وبيّن هل الراسب قابل للذوبان فى حامض الكلوردريك المخفف ؟

(ب) اسكب فى دورق شيئا من حامض الكبريتوز المجهز حديثا (محلول ثانى أكسيد الكبريت فى الماء) وأمر فيه الأبخرة الحاصلة من اغلاء حامض الأزوتيك ورجها مع السائل ثم أمر فى الدورق أيضا ثانى أكسيد الكبريت ولاحظ ما يحدث من التغير فى لون الأبخرة وبعد قطع تيار ثانى أكسيد الكبريت أنفخ فى الدورق بمنفاخ نفخا لطيفا . هل يحدث تغير آخر فى محتويات الدورق ؟

(حـ) أضف الى المحلول الحاصل فى التجربة السابقة ماء الباريتا . هل لا يزال السائل حامض الكبريتوز ؟

(ى) افحص محلول حامض الكبريتوز المجهز فى تدريب ١٢٥ (ب) وهو الذى ترك عدة أيام واختبره بماء الباريتا لترى هل يحتوى على حامض الكبريتيك أم لا ؟

تدريب ١٢٧ — خواص حامض الكبريتيك .

(ا) سخن حامض الكبريتيك المركز فى بودقة ولاحظ الأبخرة البيضاء الصاعدة .

(ب) ضع على قطعة من الورق فى جملة مواضع منها حامضا مركزا ثم سخنها تسخينا هينا فوق لهب ضعيف ولاحظ ما يحدث فى الورقة من التغير .

(حـ) ضع فى كوب نحو ٢٠ سـ م^{٣} من محلول مركز من السكر فى الماء وضع الكوب فى وعاء ثم اسكب فى محلول السكر مقدارا يساويه من حامض الكبريتيك المركز ولاحظ ما يحدث محققا طبيعة الجسم الصلب والغازات الحاصلة .

(ء) سخن فى أنبوبة اختبار شيئا من كبريت العمود المغمور بحامض الكبريتيك المركز . ما الغاز الحاصل ؟

تدريب ١٢٨ — أملاح حامض الكبريتيك .

(ا) افحص كبريتات الصوديوم (ملح جلو بير) واذكر هل محلوله فى الماء متعادل؟ ثم أضف الى هذا المحلول قطرات من ماء الباريتا أو محلول كلورور الباريوم . هل الراسب الحاصل قابل للذوبان فى حامض الكلوردريك ؟

(ب) أذب فى إحدى كميتين صغيرتين من حامض الكبريتيك المخفف موضوعتين فى وعاءين مختلفين شريط المغنسيوم وفى الأخرى كربونات المغنسيوم ثم بخر المحلول المرشح فى كل حالة حتى يقل حجمه . حصّل البلورات وقارن بينها وعيّن تأثير محلول كل من النوعين فى ماء الباريتا .

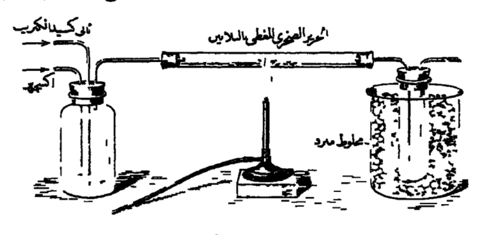
(حـ) افحص بلورات كبريتات الحديدوز (الزاج الأخضر) وسخن شيئا منها بأشد ما يمكن فى أنبوبة زجاج متينة ثم أمر الأبخرة فى مقدار صغير من الماء وافحص عن حامض الكبريتيك فى المحلول الحاصل على هذا النحو .

(ء) عادل محلول إدركسيد البوتاسيوم بحامض الكبريتيك المخفف ولاحظ حجم ما يلزم من كلّ ثم أضف الى ٥٠ سـ م^{٣} من محلول البوتاسا حجم حامض الكبريتيك المخفف اللازم للتعادل ثم بخر المحلول حتى يصغر حجمه فيحصل الملح واعمل تجربة أخرى مستعملا ضعف حجم الحامض اللازم للتعادل وبعد البخر وتحصيل البلورات قارن بين هذين الجسمين الصلبين وعيّن تأثير الحرارة فى كل منهما محققا طبيعة الغازات الحاصلة .

ثالث أكسيد الكبريت — يؤكسد حامض الكبريتوز بسهولة بخلاف ثانى أكسيد الكبريت فلا يسهل اتحاده بالأكسيجين ولكن يمكن احداث ذلك بإمرار مخلوط

مجفف تماما من ثانى أكسيد الكبريت مع الأكسجين على فلز البلاتين المجزأ الى أجزاء دقيقة وبذلك يتحد الغازان مكونين أكسيدا أعلى يسمى "ثالث أكسيد الكبريت" .

وللوصول الى ذلك ينقع الحرير الصخرى أولا فى محلول كلورور البلاتين ثم فى محلول كلورور الأمنيوم ثم يجفف ويسخن الى درجة الاحمرار فيتطاير كلورور الأمنيوم وينقسم كلورور البلاتين فيخرج الكلور غازا ويركد البلاتين على الحرير الصخرى مسحوقا ناعما دقيقا ثم يمر مخلوط من ثانى أكسيد الكبريت والأكسجين المجففين تماما فى الأنبوبة المحتوية على الحرير الصخرى المغطى بالبلاتين (شكل ٩٢، فإذا سخن الحرير الصخرى تسخينا هيّنا يبتدئ الاتحاد وتظهر أبخرة ثالث أكسيد الكبريت الثقيلة البيضاء وبإمرارها فى أنبوبة قد بردت بمخلوط مبرد تتكاثف على شكل أبر بلورية .



(شكل ٩٢) تحهير ثالث أكسيد الكبريت

ولا يمكن الاحتفاظ ببلورات ثالث أكسيد الكبريت إلا بوضعها فى أنبوبة مسدودة بالشمع الأحمر لأنها تمتص الماء من الهواء فى الحال وتتميع ولذا كان ثالث أكسيد الكبريت من أقوى عوامل التجفيف المعروفة وهو يذوب فى الماء حالا محدثا حامض الكبريتيك ويسمع لذوبانه أزيز .

ثالث أكسيد الكبريت + ماء = حامض الكبريتيك

وعند تسخين بلورات الزاج الأخضر تسخينا شديدا يصعد ثالث أكسيد الكبريت مع البخار المائى وقد كان هذا التفاعل يستخدم قديما فى صناعة حامض الكبريتيك .

حامض الكبريتيك — اهتُدىَ أخيرا الى صناعة حامض الكبريتيك بإذابة ثالث أكسيد الكبريت فى الماء ويجهز ثالث أكسيد الكبريت هذا من ثانى أكسيد

الكبريت باستعمال البلاتين الدقيق التجزئ ولعظم ثمن البلاتين تكون النفقة الأولية عظيمة جدا ولكن لا يفقد البلاتين أثناء العملية ومع ذلك لا تزال مقادير عظيمة جدا من هـذا الحامض تصنع بالطريقة القديمة التى يؤكسد فيها حامض الكبريتوز بأبخرة حامض الأزوتيك .

و يمكن شرح هـذه العملية بإغلاء حامض الأزوتيك و إمرار البخار الصاعد منـه فى دورق يحتوى على حامض الكبريتوز ورج الدورق حتى تمس الأبخرة السائل مسا تاما فيختفى لونها الخفيف ويظهر الدورق ملآن بغاز يكاد يكون عديم اللون فاذا نفخ الهواء أو الأكسجين فى الدورق عند ذلك صار الغاز العديم اللون أسمر محمرا أدكن .

ولو رجعنا الى خواص أكاسيد الأزوت لتبيّن لنا أن الغاز العديم اللون هو أكسيد الأزوتيك الذى يتأكسـد بدخول الهواء الى فوق أكسـيد الأزوت و بمماسـته بعد ذلك لحامض الكبريتوز باختزال فوق أكسيد الأزوت الى أكسيد الأزوتيك ثانيـا وهذه العملية يمكن تكريرها ما أريد التكرار .

ويحتوى معظم السائل فى الدورق على حامض الكبريتيك المخفف و يمكن استخدام كمية أكسيد الأزوتيك نفسها مرات عديدة فى تحويل حامض الكبريتوز الى حامض الكبريتيك فالتفاعلات الحادثة هى :

(١) حامض الكبريتوز + فوق أكسـيد الأزوت = حامض الكبريتيك + أكسيد الأزوتيك .

(٢) أكسيد الأزوتيك + أكسجينا = فوق أكسيد الأزوت .

أى أن فوق أكسيد الأزوت الحاصل فى التفاعل مهيأ للدخول فى التفاعل الأوّل ثانيا .

وهناك مركب آخر يحتمل أن يكون مكوّنا من تماس أكسيد الأزوتيك وحامض الكبريتوز ولكن المهم فى هذه الطريقة هو أكسدة حامض الكبريتوز بواسطة أكسجين الهواء ويستخدم أكسيد الأزوتيك حاملا له .

وفى صناعة هـذا الحـامض يحصل ثانى أكسيد الكبريت اللازم باحمـاء البرايتيز الحـديدى (كبريتور الحـديديك) فيمرّ فى مستودعات كبيرة من الرصاص تنفد فيهـا فوارات من البخار المـائى وكذا تدخل فيها أبخرة حامض الأزوتيك لأن أكسـيد الأزوتيك يتسرّب الى الجو بالتدريج فيلزم تجديده ثم يسيل حامض الكبريتيك المخفف من قعر هذه المستودعات ويركز بالتقطير .

(٦٥) خواص حامض الكبريتيك

تعادل حامض الكبريتيك — إذا مزج حامض الكبريتيك المركز بقلوى كاو فانه يحدث تفاعل شديد وتنشأ حرارة عظيمة ويصعد البخار المائى صعودا شديدا يكاد يشبه الفرقعة ولتعادل الحامض المخفف تستعمل الطريقة المعتادة (صفحة ٥٤) وعند بخر محلول متعادل تحصل بلورات كبريتات فمن إدركسيد البوتاسيوم وحامض الكبريتيك تحدث كبريتات البوتاسيوم .

إدركسيد البوتاسيوم + حامض الكبريتيك = كبريتات البوتاسيوم + ماء

وإذا كان ماينتج من الملح غير قابل للذوبان فى الماء فانه يرسب فكبريتات الباريوم يرسب اذا أضيف حامض الكبريتيك الى محلول يحتوى على ملح من أملاح الباريوم وهذا التفاعل يستخدم فى كشف حامض الكبريتيك أو كبريتات فى محلول مّا فمثلا لو أضيف محلول كلورور الباريوم الى محلول كبريتات البوتاسيوم كان :

كلورور الباريوم + كبريتات البوتاسيوم = كبريتات الباريوم + كلورور البوتاسيوم

الكبريتاتات المتعادلة والكبريتاتات الحامضية — يمكن الحصول على كبريتات بوتاسيوم آخر بهذه الطريقة وهى :

يعيّن حجما محلول أدركسيد البوتاسيوم وحامض الكبريتيك اللازمان لاحداث التعادل ثم يضاف الى حجم معيّن من حامض الكبريتيك نصف حجم ما يلزم من محلول القلوى لاحداث التعادل تماما .

فعند البخر تحدث بلورات تختلف عن بلورات كبريتات البوتاسيوم العادى لوأذيبت فى الماء لحصل محلول حامضى ولا تحتوى على ماء التبلور ولكن لو رفعت الحرارة الى درجة عالية لصعد منها بخار مائى وهذا يثبت أنها تحتوى على أيدروچين لم يحل محله البوتاسيوم وهذه المادة تسمى فى العرف بكبريتات البوتاسيوم الحامضى أو كبريتات البوتاسيوم الأيدروچينى والكبريتات الذى يحصل بالتعادل الكامل يعرف بكبريتات البوتاسيوم المتعادل (العادى) .

ولكون حامض الكبريتيك يتحد بجزأين مختلفين من القاعدة محدثا ملحين يسمى حامضا ثنائى القاعدية ولهذا يختلف عن الحوامض الأخرى كحامض الكلوردريك وحامض الأزوتيك وهى التى تتحد بالقواعد بنسبة واحدة فقط ولذا تسمى بالحوامض الأحادية القاعدية .

إن إمكان تجهيز كبريتاتين يحتوى أحدهما على الأيدروچين وعلى نصف كمية الفلز التى فى الكبريتات الأخر يشير الى أن الحامض الثنائى القاعدية كحامض الكبريتيك يحتوى على قسمين من الأيدروچين والى أن الفلز يمكن أن يحل محل أحد هذين القسمين أو يحل محلهما معا .

حامض الكبريتيك يمتص الماء — يمترج هذا الحامض بالماء بأى نسبة وتحصل أثناء الذوبان حرارة كثيرة ولسهولة امتصاصه للماء عظمت فائدته فى التجفيف ولذا يستعمل لتجفيف الغازات كما يستعمل فى المجففات .

ولهذا أيضا يزيل هذا الحامض الأيدروچين والأكسجين عن كثير من المواد بنسب اتحادهما لتكوين الماء وهو يصير المواد العضوية فحما كالخشب والورق والسكر وهذه المواد تسمى مائيات الكربون وتحتوى على الكربون والأيدروچين والأكسجين فاذا فصل عنها عنصرا الماء يبقى الكربون فمثلا لو سكب محلول مركز من السكر فى حامض الكبريتيك المركز لأزبد إزبادا شديدا وصعدت سحب البخار وثانى أكسيد الكبريت ويبقى جسم ذو مسام من الكربون ممترج بهذين الغازين .

وبمثل ذلك يؤثر الحامض المركز فى حامض الأكساليك ممتصا منه عنصرى الماء وتاركا مزيجا من أول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكربون ويستعمل هذا التفاعل فى تجهيز أول أكسيد الكربون (صفحة ١١٧) .

استعمال حامض الكبريتيك مؤكسدا — يكون الحامض المركز مؤكسدا قويا وتستخدم هذه الخاصة فى تجهيز ثانى أكسيد الكبريت من حامض الكبريتيك والنحاس فيؤكسد جزء من أيدروچين الحامض الى ماء بالتفاعل أى أن بعض حامض الكبريتيك يختزل الى حامض الكبريتوز الذى يتجزأ فى درجة الحرارة العالية الى ثانى أكسيد الكبريت والماء وهاك التفاعلات الحادثة فى ذلك :

(١) حامض الكبريتيك + نحاسا + أكسجينا = كبريتات النحاس + ماء .
(٢) حامض الكبريتيك = حامض الكبريتوز + أكسجينا .
(٣) حامض الكبريتوز = ثانى أكسيد الكبريت + ماء .

وهذه التفاعلات تحدث فى آن واحد فالأكسجين المستعمل فى معادلة (١) يحصل كما هو مبيّن بمعادلة (٢) ويؤكسد حامض الكبريتيك الكبريت والكربون الى ثانى

أكسيد الكبريت وثانى أكسيد الكربون كل لنظيره وينتج من الكربون مع حامض الكبريتيك المركز مخلوط من ثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت .

تأثير حامض الكبريتيك فى أملاح الحوامض الأخرى — إذا سخن حامض الكبريت المركز مع أملاح الحوامض الأخرى فانه غالبا يطرد الحامض الآخر ويحل محله فمثلا :

كلورور الصوديوم + حامض الكبريتيك = كبريتات الصوديوم الأيدروچينى + كلورور الأيدروچين .

ولكن لو أمر كلورور الأيدروچين فى محلول مشبع من كبريتات الصوديوم لأيدروچينى فإن بلورات ملح الطعام (كلورور الصوديوم) المكعبة الصغيرة تظهر ويتكوّن حامض الكبريتيك محلولا .

كلورور الأيدروچين + كبريتات الصوديوم الأيدروچينى = كلورور الصوديوم + حامض الكبريتيك

وهذا مثال من أمثلة التفاعلات القابلة للانعكاس (صفحة ١٠٠) فطريق التفاعل يتوقف على الحالات ففى الحالة الأولى كان كلورور الأيدروچين أكثر تطايرا من حامض الكبريتيك فخرج بمجرّد تكوّنه فلا يحدث التغير العكسى المبيّن بالمعادلة الثانية أما فى الحالة الثانية فهناك كثير من كبريتات الصوديوم الأيدروچينى يمرّ فيه تيار مستمرّ من كلورور الأيدروچين ومن حيث انه لا يوجد فى أوّل الأمر ملح ولا حامض كبريتيك فان التفاعل يتجهما وباستمرار التفاعل تزيد كميتا الملح والحامض فيبتدئ التفاعل العكسى حتى يخرج كلورور الأيدروچين من المخلوط بسرعة دخوله فيه .

ومن حيث أن حامض الأزوتيك أكثر تطايرا من حامض الكبريتيك فحامض الكبريتيك المركز يفعل هذا الفعل مع الأزوتات عند تسخين مخلوط مع أحد هذه الأزوتاتات وهكذا يحصل مع الأملاح الأخرى للحوامض المتطايرة .

أسئلة على الباب الخامس والعشرين

(١) ما الأحوال التى يتفاعل فيها حامض الكبريتيك مع (ا) الكربون (ب) النحاس (حـ) حامض الأكساليك وما المواد الحاصلة فى كل حالة ؟

(٢) اكتب على طريقة صناعة حامض الكبريتيك من البرايتيز الحديدى .

(٣) اشرح طرقا لتجهيز الزاج الأخضر والزاج الأزرق وكبريتات الكلسيوم من حامض الكبريتيك .

(٤) كيف تثبت أن المادتين الحاصلتين من إذابة الحديد فى حامض الكبريتيك المخفف عاملا اختزال ؟

(٥) اشرح كيف تجهز كلا من (ا) الكبريت و (ب) ثانى أكسيد الكبريت من البرايتيز الحديدى ثم برهن على أنك حصلت بالفعل كلا من هاتين المادتين .

(٦) اشرح بالدقة تأثير حامض الكبريتيك المركز (ا) فى السكر (ب) فى الزئبق (ح) فى الخارصين (ء) فى ملح الطعام وبيّن فى أى هذه الحالات يخالفه تأثير الحامض المخفف .

(٧) إذا أحرق الكبريت فى مقدار كبير من الأكسجين وأمر مخلوط الغازات الحاصلة على الحرير الصخرى المغطى بالبلاتين المسخن ثم أمر بعد ذلك فى الماء فاشرح التغييرات الحادثة واشرح أيضا خواص السائل الحاصل .

(٨) كيف تحصل من حامض الكبريتيك كميات صغيرة من الكبريت الصلب وكيف تثبت تحصيلك لهذا العنصر ؟

(٩) بين الفرق بين الملح المتعادل (العادى) والملح الحامضى (الأيدروجينى) واشرح تجارب يُحصَّل بها هذان الملحان من حامض واحد .

(١٠) ما معنى الحامض الثنائى القاعدية ؟ مثل لذلك بأمثلة وبيّن طريقة تعيين قاعدية أحد الحوامض .

(١١) إذا أعطيت ما تحتاج اليه من النحاس والصوديوم وحامض الكبريتيك والماء فبيّن كيف تجهز منها بلورات كبريتيت الصوديوم ؟

(١٢) كيف تبين أن حامض الكبريتيك يتركب من عناصر الأيدروچين والأكسجين والكبريت ؟

(١٣) إذا سخن مخروط (خراطة) النحاس مع حامض الكبريتيك المركز صعد غاز وحصل جسم صلب ناعم قاتم يبقى معلقا فيما زاد من الحامض، اشرح خواص هذا الغاز واذكر طريقتين أخريين لتجهيزه مبينا تركيب الجسم الصلب القاتم .

(١٤) اشرح طريقة لتجهيز ثالث أكسيد الكبريت واكتب على خواصه الكيميائية والطبيعية .

(١٥) اشرح بالضبط تجهيز كبريتاتين للصوديوم من حامض الكبريتيك وكربونات الصوديوم .

(١٦) اشرح كل ما نتوقع مشاهدته إذا سكب حامض الكبريتيك المركز فى الماء ووضح التغير الحادث واشرح تجربتين أخريين لبيان الخواص الخاصة بحامض الكبريتيك .

(١٧) اشرح ثلاثة أمثلة لبيان مايحدث غالبا من تفاعل حامض وملح بحيث ينتج حامض آخر وملح آخر ثم اشرح حالتين يتكون فى كل منهما من تفاعل حامض وملح مواد أخرى غير السابقة .

(١٨) اذكر ثلاثة أملاح وبيّن ما تفهمه من كلمة ملح فى الاصطلاح ثم اذكر الفرق بين الملح الحامضى والملح المتعادل .

(١٩) اشرح الإصطلاحين — الحامض والقاعدة — ووضح الجواب مستشهدا بثالث أكسيد الكبريت وثانى أكسيد الكربون وإدركسيد الكلسيوم وأكسيد الرصاص .

(٢٠) كيف نجهز ثانى أكسيد الكبريت ؟ وما التغيرات الكيميائية الحادثة من إمرار ثانى أكسيد الكبريت (ا) فى ماء الكلور (ب) فى حامض الأزوتيك ؟

تمارين عملية

(١) جهز بلورات ثالث أكسيد الكبريت كما يأتى :

أمر مخلوطا من الأكسجين الجاف وثانى اكسيد الكبريت فى أنبوبة تحتوى على الحرير الصخرى المغطى بالبلاتين المسخن ثم أمر الغاز الذى يخرج منها فى أنبوبة ذات شعبتين موضوعة فى مخلوط مبرد مكوّن من الثلج والملح ويمكن تجهيز الحرير الصخرى المغطى بالبلاتين كما هو مبين بصفحة (٢٣٣) ويجب الاعتناء التام بتجفيف جميع أجزاء الجهاز وملح الطعام .

(٢) اصهر ملح البارود فى بودقة ثم أضف اليه قطعا دقيقة من الكبريت واترك الجسم الصلب يبرد ثم أذبه فى الماء المقطر وابحث فيه عن كبريتات . وضح تكوّن هذه الكبريتات .

الباب السادس والعشرون — الكبريتورات

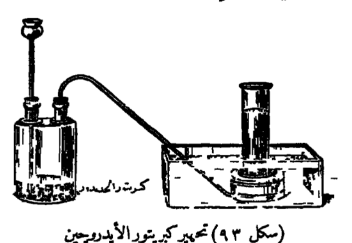
(٦٦) كبريتور الأيدروچين

تدريب ١٢٩ — تجهيز كبريتور الأيدروچين .

(ا) خذ أنبوبة زجاج متينة وأحكم سدّ فتحتيها بسداد من الصمغ المرن تنفذ فيه أنبوبة زجاج قصيرة وضع شيئا من مسحوق الكبريت عند أحد الطرفين وأمر فيها تيارا من الأيدروچين وسخن الكبريت بمجرّد خلوص الغاز الخارج منها من الهواء . لاحظ رائحة الغاز الخارج وعيّن تأثيره فى ورق عباد الشمس الأزرق المندّى ثم أمر هذا الغاز على ورق مشرب محلول أزوتات الرصاص ولاحظ ما يحدث .

(ب) عيّن خواص الغاز الحاصل من فعل حامض الكلوردريك المخفف فى كبريتور الحديد وقد حُصل عليه فى تدريب ١٢١ (ب) وبيّن فعله فى ورق عباد الشمس الأزرق وفى ورق التنشيف المشرب محلول أزوتات الرصاص .

(ح) جهز مقدارا كبيرا من هذا الغاز إما فى جهاز "كپ" Kipp (شكل ٩٥) وإما فى الجهاز المبيّن (بشكل ٩٣) . ويمكن تحصيل هذا الغاز من كبريتور الحديدوز مع حامض الكلوردريك ثم جمعه فوق الماء الساخن وإذا أريد تحصيله جافا يمكن ملء المخابير منه بالإزاحة السفلية .



(شكل ٩٣) تجهيز كبريتور الأيدروچين

تدريب ١٣٠ — خواص كبريتور الأيدروچين .

(ا) ركب على جهاز تجهيز هذا الغاز فوّارة من الزجاج واختبر ما يخرج منها من الغاز على النحو المبين بتدريب ٥٤ (ب) وبعد ذلك أشعله ولاحظ رائحة الغاز الحاصل من الاحتراق واعمل تجارب تتبين بها خواصه ثم ضع على اللهب دورقا جافا نظيفا مملوءا ماء باردا وحقق طبيعة الجسمين الصلب والسائل الحاصلين إن أمكن ذلك .

(ب) أدخل شمعة رفيعة موقدة فى مخبار جاف مملوء بكبريتور الأيدروچين وبيّن هل الغاز يساعد على الاحتراق ثم لاحظ أنتجة الاحتراق ؟

(ح) ضع فى مخبار آخر مملوء بهذا الغاز قطرات من حامض الأزوتيك المركز ثم غط فوهته وحركه حتى يسيل الحامض على جوانبه وعيّن ما يمكنك تعيينه من أنتجه التفاعل .

(ء) امزج كبريتور الأيدروچين والكلور الموجودين فى مخبارين ثم أدخل فى أحد المخبارين بعد إتمام المزج قضيبا مغموسا فى محلول النوشادر وعين الغاز والجسم الصلب اللذين تكوّنا .

(هـ) وبمثل ذلك اكشف نتيجة مزج ثانى أكسيد الكبريت بكبريتور الأيدروچين .

(و) ضع قطعا من النحاس والرصاص فى آنية تحتوى على كبريتور الأيدروچين وبعد بضع ساعات لاحظ التأثير الحادث فى هذين الفلزين .

تدريب ١٣١ — خواص محلول كبريتور الأيدروچين .

(ا) أمر هذا الغاز فى أنبوبة اختبار تحتوى على قليل من السنتيمترات المكعبة من الماء وبيّن تأثير المحلول فى عباد الشمس ثم امزجه بمحلول أزوتات الرصاص المخفف وكذلك أمر فى مقدار آخر من محلول أزوتات الرصاص فقاقيع من كبريتور الأيدروچين حتى لا يحصل تغير بعد وقارن بين التأثيرات فى الحالتين محصلا لأجل ذلك الأجسام الصلبة الراسبة .

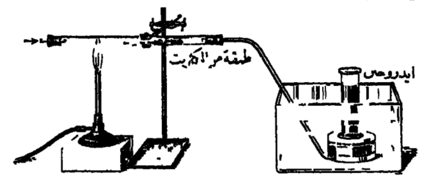
(ب) أمر كبريتور الأيدروچين فى محلول خلات الرصاص وقارن بين الجسم الصلب الحاصل وبين الأجسام الصلبة الحاصلة فى تدريب ١٣١ (ا). هل ترى فرقا مّا ؟

(حـ) أمر كما سبق كبريتور الأيدروجين فى محلول كبريتات النحاس (الزاج الأزرق) وكبريتات الحديدوز (الزاج الأخضر) وخلات الخارصين وكبريتات المغنسيوم (الملح الانجليزى) وكلورور الصوديوم (ملح الطعام) ولاحظ نتيجة ذلك فى كل حالة .

فعل الحوامض فى الكبريتورات — إذا سخن الحديد مع الكبريت تدريب ١٢١ (ب) حدث كبريتور الحديد واذا مزج كبريتور الحديد بحامض الكلوردريك أو الكبريتيك المخففين صعد غاز عديم اللون ذو رائحة كريهة خاصة وهذا الغاز يمكن الحصول عليه من الكبريتورات الأخرى وهو يحترق بلهب أزرق خفيف .

تركيب الغاز الحادث من الكبريتورات — إذا أحرق هذا الغاز خارجا من فوارة (مثل الأيدروجين فى تدريب ٥٤ ب) حصل ثانى أكسيد الكبريت الذى يعرف برائحته الخاصة به واذا عرض للهبه سطح بارد ركد الكبريت عليه مع قطرات من سائل عديم اللون يمكن إثبات أنه ماء .

ومن ذلك نعرف أن هذا الغاز يحتوى على كبريت وربما على أيدروجين أيضا ولكن الأيدروجين اللازم لتكوين الماء ربما كان ممزوجا بهذا الغاز فإذا كان كذلك فلا بد أن تكون كمية الأيدروجين صغيرة جدّا إذ لو رجّ الغاز مع البوتاسا الكاوية لامتص عن آخره تقريبا مع أن البوتاسا الكاوية لا تمتص الأيدروجين فعند إمرار الغاز العديم اللون فى أنبوبة زجاج مسخنة يظهر على جوانبها الباردة راسب من الكبريت (شكل ٩٤) وإذا جمع الغاز الخارج منها ورجّ مع محلول البوتاسا الكاوية يبقى أكثره غير ممتص ويمكن بيان أنه أيدروجين والظاهر أن الغاز العديم اللون قد تحلل بالحرارة الى كبريت وأيدروجين .



(شكل ٩٤) تأثير الحرارة فى كبريتور الأيدروجين

وإذا أمر الأيدروجين فى أنبوبة تحتوى على كبريت مسخن يرى أن رائحة الغاز الذى يخرج منها هى نفس الرائحة الكريهة التى سبق ذكرها وهذا الغاز يحوّل لون ورقة تنشيف مشربة بمحلول أزوتات الرصاص الى السواد وهذا الأثر نفسه ينتج من الغاز الحاصل من كبريتور الحديد مع حامض مخفف ومن هذه التجارب الثلاث المختلفة يظهر أن الغاز الحاصل من فعل الحوامض المخففة فى كبريتور الحديد هو مركب من الأيدروجين والكبريت ويسمى بكبريتور الأيدروجين وكان يسمى سابقا بالأيدروجين المكبرت .

تجهيز كبريتور الأيدروجين — يجهز كبريتور الأيدروجين بفعل حامض الكلوردريك المخفف فى كبريتور الحديد (كبريتور الحديدوز) ولكون هذا التجهيز لايحتاج الى حرارة يمكن استعمال الجهاز المبين (بشكل ٩٣) .

ويستعمل فى كثير من المعامل جهاز من شكل آخر يعرف بجهاز "كب" (Kipp) (شكل ٩٥) وهو يتركب من ثلاث بصلات يوضع فى الوسطى منها كبريتور الحديد وهى تتصل بالبصلة السفلى بثقوب ويصل الحامض الى هذه بأنبوبة متوسطة واصلة من البصلة العليا التى يسكب فيها الحامض الذى لايدخل البصلة الوسطى لتأثير ضغط الهواء المحبوس فإذا فتح الصنبور يخرج الهواء ويصعد الحامض الى البصلة الوسطى حيث يلامس كبريتور الحديد وعند قفل الصنبور يضغط كبريتور الأيدروجين الصاعد على الحامض فيرجعه الى المستودع السفلى وبذا يقف التفاعل الى أن يفتح الصنبور ثانيا .



(شكل ٩٥) جهاز "كب"

تركيب كبريتور الأيدروجين — تؤخذ أنبوبة طويلة من الزجاج المتين تحتوى على ملف طويل من صفائح القصدير ويمط طرفاها حتى يصير قطرها نصف ما كان عليه ثم تملأ بكبريتور الأيدروجين ويسدّ الطرفان بلهب البورى ثم تسخن صفائح القصدير عند أحد الطرفين فقط ويترك باقى الأنبوبة باردا وهكذا يسخن جزء بعد آخر حتى يسخن جميع القصدير ويلاحظ أن الفلز يسود بسرعة أولا ثم ببطء وهذا يدل على أنه لم يبق من كبريتور الأيدروجين إلا قليل وبعد أن يبرد الجهاز يكسر أحد الطرفين

المسدودين تحت الزئبق فيرى أنه لايدخل الأنبوبة وأنه لايخرج منها فقاقيع غازية أى أن الضغط فى الأنبوبة إذن يساوى الضغط الجوّى وهذا دليل بيّن على أن حجم الغاز الباقى يساوى حجم كبريتور الأيدروچين الأصلى ويمكن اثبات أن هـذا الغاز الباقى هو الأيدروچين فيكون :

القصدير (جسم صلب) وحجم من كبريتور الأيدروچين يكوّنان
حجما من الأيدروچين + كبريتور القصدير (جسم صلب)

خواص كبريتور الأيدروچين — يمكن إسالة كبريتور الأيدروچين واجماده وهو قابل للذوبان فى المـاء ولكنه أقل ذوبانا فى الدفئ منه فى البارد فيجب استعمال المـاء الدفئ اذا لزم جمعه وهو سام جدا فلا ينبغى تجهيزه إلا فى خزانة البخار وينفصل هذا الغاز بالتسخين الى أيدروچين وكبريت كما رأينا واذا أذيب فى المـاء يتأكسد ببطء بأكسجين الهواء فيتحوّل الى ماء وكبريت يظهر راسبا واذا أحرق فى الهواء فالماء وثانى أكسيد الكبريت هما الحاصلان الرئيسان ويمكن أكسدته أيضا بمزجه بالكلور فينشأ الكبريت وكلورور الأيدروچين .

ويستعمل أيضا مختزلا فإذا مزج بثانى أكسيد الكبريت يفقد هـذا أكسجينه الذى يتحد بأيدروچين الكبريتور ليحصل المـاء ولإتمـام هذا التفاعل يجب أن يكون حجم كبريتور الأيدروچين ضعف حجم ثانى أكسيد الكبريت .

ويتفاعل كثير من الفلزات مع كبريتور الأيدروچين (صفحة ٢٤٣) فيحصل الايدروچين وكبريتور الفلز أى أن كبريتور الأيدروچين يفعل فعل الحوامض ويثبت هذه الحقيقة تفاعل محلوله فى المـاء تفاعلا حامضيا بعض الشئ .

تجهيز الكبريتورات — يستعمل لتجهيز الكبريتورات طرق عديدة :

(١) اتحاد الكبريت مباشرة بالعناصر الأخرى كالحديد ومن الأمثلة التى يحسن ذكرها هنا تجهيز كبريتور الكبريت (صفحة ٢٢٥) بإمرار بخار الكبريت على الكربون السخين ويتكاثف مايحدث من السائل المتطاير فى أنابيب مبردة .

(٢) إحلال الفلزات محل أيدروچين كبريتور الأيدروچين كما فى حالة القصدير (صفحة ٢٤٣) .

(٣) تعادل المحلولات القلوية بكبريتور الأيدروچين مثال ذلك اشباع محلول أدركسيد الصوديوم بهذا الغاز .

(٤) رسوب كبريتور غير قابل للذوبان وذلك بإمرار كبريتور الأيدروجين فى محلول ملح فمثلا :

أزوتات الرصاص + كبريتور الأيدروچين = أزوتات الأيدروچين + كبريتور الرصاص .

كبريتات النحاس + كبريتور الأيدروچين = كبريتات الأيدروچين + كبريتور النحاس .

ولا يمكن تجهيز الكبريتورات القابلة للذوبان فى الحوامض المخففة بهذه الطريقة لأن أحد أنتجة التفاعل يكون حامضا دائما فلو أمر كبريتور الأيدروچين مثلا فى محلول كبريتات الخارصين لكان النتاجان الممكان هما كبريتور الخارصين وحامض الكبريتيك ولكن لكون كبريتور الخارصين قابلا للذوبان فى حامض الكبريتيك لايظهر وأما إذا أضيف محلول كبريتور الأمنيوم الى محلول كبريتات الخارصين فالنتاجان الممكان هما كبريتور الخارصين وكبريتات الأمنيوم (لاحامض الكبريتيك) فيحدث التفاعل الآتى :

كبريتات الخارصين + كبريتور الأمنيوم = كبريتور الخارصين + كبريتات الأمنيوم

ولا يمكن تكوين راسب من محلولات أملاح بعض الفلزات الأخرى لأن كبريتور الفلز قابل للذوبان حتى فى المحلولات المتعادلة أو القلوية فكبريتور الكلسيوم أو الصوديوم لا يمكن الحصول عليه بالرسوب .

ويجب ملاحظة أن الحقائق التى ذكرناها الآن مهمة فى الكشف الكيميائى لأن مراعاتها تمكننا من تقسيم الأملاح الفلزية فى محلولاتها الى ثلاث طوائف .

(ا) أملاح الفلزات التى لايمكن أن ترسب كبريتورات من محلولاتها بسبب قابلية هذه الكبريتورات للذوبان مثال ذلك : أملاح الصوديوم .

(ب) أملاح الفلزات التى يمكن أن ترسب كبريتورات من محلولاتها بإضافة محلول كبريتور الأمنيوم الى هذه المحلولات مثال ذلك : أملاح الخارصين .

(حـ) أملاح الفلزات التى يمكن أن ترسب كبريتورات من محلولاتها بإضافة كبريتور الأيدروچين ولو مع وجود حامض مخفف مثال ذلك : أملاح النحاس .

أسئلة على البـاب السادس والعشرين

(١) ما الذى يحدث من إمرار كبريتور الأيدروچين فى المحلولات الآتية :
(ا) كبريتات النحاس و (ب) أزوتات الرصاص و (حـ) كلورور البوتاسيوم ؟

(٢) كيف تبيّن أن كبريتور الأيدروچين عامل اختزال ؟

(٣) أذكر أمثلة لتفاعل كبريتور الأيدروچين (ا) مع جسم صلب و (ب) سائل و (حـ) غاز واشرح فى كل حالة الجهاز المستعمل للتفاعل وتحصيل الأنتجة .

(٤) كيف تعين حجم الأيدروچين الذى يمكن تحصيله من حجم معيّن من كبريتور الأيدروچين وما الذى تستنتجه من التجربة من حيث تركيب الغاز المركب ؟

(٥) وضح معنى كلمتى الأكسدة والاختزال فى الاصطلاح بشرح تجربة فيها كبريتور الأيدروچين وتجربة فيها مادة أخرى ثم اذكر كل ما تعمله فى كلتا التجربتين وارسم الجهاز الذى تستعمله .

(٦) ما الأنتجة الحاصلة من سكب حامض الكبريتيك المخفف على كبريتيت الصوديوم وعلى كبريتور الصوديوم ؟ اشرح مايحدث من مزج أنتجة التفاعلين .

(٧) وضح تأثير (ا) إمرار الأيدروچين فى أنبوبة تحتوى على الكبريت المسخن (ب) إمرار كبريتور الأيدروچين وحده فى أنبوبة مسخنة . كيف تعلل التضارب الظاهرى فى الحقائق ؟

(٨) اشرح بالإسهاب تجربة تثبت بها أن كبريتور الأيدروچين يحتوى على أيدروچين مساوله فى الحجم .

(٩) اشرح ثلاث تجارب لبيان عمليات الأكسدة وثلاث تجارب لبيان عمليات الاختزال .

(١٠) الغاز الحاصل من تأثير حامض الكبريتيك المخفف أو حامض الكلوردريك فى كبريتور الحديد الصناعى هو مزيج من كبريتور الأيدروچين والأيدروچين كيف تثبت (ا) صحة هذه العبارة (ب) وكيف تستخرج نموذجا من كبريتور الأيدروچين النقى من هذا المزيج (حـ) وكيف تحصل نموذجا من الأيدروچين النقى منه .

(١١) ما العلاقة بين ثالث أكسيد الكبريت والأكسجين؟ اذكر مايمكنك من الحالات المشابهة لذلك مشيرا الى أوجه الشبه والاختلاف .

(١٢) كيف تجعل (ا) الأيدروچين يتحد بالأكسچين و (ب) الأيدروچين يتحد بالكبريت ؟ اكتب على المركب الحاصل فى كل من الحالتين .

(١٣) كيف يمكن تجهيز مركب الكبريت (ا) مع الكربون (ب) مع الأيدروچين (حـ) مع الحديد ؟ اشرح مظهر كل من هذه المركبات واذكر أهم خواصها .

تمارين عملية

(١) أضف محلول كبريتيت الصوديوم الى مزيج من الخارصين وحامض الكلوردريك المخفف ثم بيّن تأثير الغاز الصاعد فى دورق مشرب خلات الرصاص ووضح طبيعة التفاعل .

(٢) أمر كبريتور الأيدروچين فى محلول البوتاسا الكاوية حتى لا يمتص منه شئ بعد ثم بخر المحلول حتى يحصل منه على بلورات ويعيّن تأثير حامض الكلوردريك المخفف فى هذه البلورات ويبيّن ما يحدث عند تسخينها تسخينا شديدا فى أنبوبة زجاج متينة .

(٣) قسم الفلزات بحسب قابلية ذوبان كبريتوراتها فى الماء والمحلولات القلوية والمحلولات الحامضية .

الباب السابع والعشرون — قانون النسب المضاعفة

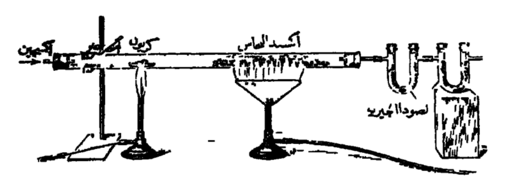
(٦٧) تركيب أكسيدى الكربون

اتحاد الكربون بالأكسچين — سبق أن فحصنا حالات يتكوّن فيها من عنصر واحد مع عنصر آخر أكثر من مركب واحد ونبحث الآن عن تركيب أكسيدى الكربون .

يكفى لتعيين وزنى الكربون والأكسچين المتحدين لتكوين ثانى أكسيد الكربون أن يمتص ثانى أكسيد الكربون الذى يحدث إذا أحرق وزن معيّن من الكربون ثم يعيّن وزنه .

ولذلك يوزن فى طبق صغير مستطيل من الصينى قليل من الفحم النقى المصنوع من السكر ويوضع الطبق بما فيه فى أنبوبة زجاج متينة ويسخنان تسخينا شديدا أثناء

مرور تيار من الأكسجين فى الأنبوبة ويسخن النصف الآخر منها بأكسيد النحاس ويسخن تسخينا شديدا أيضا ليتحوّل ما يتكوّن من أول أكسيد الكربون الى ثانى الأكسيد وأما الغاز الحاصل فيمتصه إما محلول مركز من الصودا الكاوية قد جعل فى مستودعات كرية من الزجاج وإما الصودا الجيرية الصلبة (مزيج من الجير والصودا الكاوية) الموضوعة فى الأنابيب ذات الشعبتين (شكل ٩٦) وإذا وزنت أنابيب الامتصاص ومستودعاته قبل التجربة وبعدها يعلم من زيادة وزنها وزن ما حصل من ثانى أكسيد الكربون ومن نقص وزن الطبق يعلم وزن الكربون المستعمل ويجب أن يكون الأكسجين المستعمل هنا نقيا جافا .



(شكل ٩٦) تعيين وزنى الكربون والأكسجين الاتحاديين

ويجرى فى الحساب على نحو ما يأتى :

	وزن الطبق والكربون قبل التجربة	=	٣,٧٦٥	من الجرامات
	« « « « بعد «	=	٣,١٣١	«
∴	« ما احترق من الكربون	=	٠,٦٣٤	من الجرام
	« أنابيب الامتصاص بعد التجربة	=	٤٦,٩٩٢	من الجرامات
	« « « « قبل «	=	٤٤,٧٢٤	«
∴	« ما تكوّن من ثانى أكسيد الكربون... ...	=	٢,٢٦٨	«
	« « « « «	=	٢,٢٦٨	«
	« ما احترق من الكربون	=	٠,٦٣٤	من الجرام
∴	« ما استعمل من الأكسجين...	=	١,٦٣٤	من الجرامات

∴ ٠,٦٣٤ من الجرام من الكربون تتحد بـ ١,٦٣٤ من الجرامات من الأكسجين حتى يحدث ٢,٢٦٨ من الجرامات من ثانى أكسيد الكربون .

∴ جرام من الكربون يتحد بـ ٢,٥٨ من الجرامات من الاوكسجين .

وقد استنبط "دوماس" (Dumas) و"ستاس" (Stas) بعد بحث دقيق سنة ١٨٤٠ أن ٣ جرامات من الكربون تتحد بـ ٩ جرامات من الأكسچين بالضبط فيحصل ١١ جراما من ثانى الأكسيد وهذا البحث يقدّم لنا مثالا آخر فى قانون النسب الثابتة أوالمحدودة (صفحة ١٣٢) ولقد أجريت بعد ذلك عدة تجارب فأثبتت صحة هذه النتيجة.

تركيب أول أكسيد الكربون بالوزن — لكون أول أكسيد الكربون يستعمل عامل اختزال يمكن تعيين وزن الأكسچين الذى يتحد مكوّنا ثانى أكسيد الكربون وبالطرح يعيّن وزن أول الأكسيد المستعمل .

فبعد تخليص أول أكسيد الكربون تخليصا تاما من الرطوبة وثانى أكسيد الكربون والأكسچين وغير ذلك من المواد الغريبة يمرّ تيار بطىء منه فى أنبوبة قد هيئت كما فى (شكل ٩٦) وتحتوى على وزن معلوم من أكسيد النحاس الذى اذا سخن يحوّل أول أكسيد الكربون الى ثانى الأكسيد (صفحة ١٠٩) الذى يعرف وزن ما يتكوّن منه إذا امتص فى أنابيب معلومة الوزن تحتوى على محلول الصودا أو الصودا الجيرية الصلبة ويعرف وزن الأكسچين المستعمل بتعيين نقص وزن أكسيد النحاس ويجب إمرار تيار أول أكسيد الكربون ببطء حتى لا يفلت من الامتصاص شئ من ثانى الأكسد المتكوّن والأعداد الآتية توضح ما سبق :

	وزن الأنبوبة وأكسيد النحاس قبل التجربة	= ٤٣,٠٦٠	من الجرامات
	« « « « بعد «	= ٤٢,٦٣٨	«
∴	« ما استعمل من الأكسچين...	= ٠,٤٢٢	من الجرام
	« أنابيب الامتصاص بعد التجربة	= ٥٠,٨٦٥	من الجرامات
	« « « « قبل «	= ٤٩,٧٣٢	«
∴	« ما تكوّن من ثانى أكسيد الكربون... ...	= ١,١٣٣	«

وبالطرح يعرف وزن أول أكسيد الكربون الذى تأكسد وهو ٠,٧١١ من الجرام.

ومن حيث ان ١١ جراما من ثانى أكسيد الكربون تحتوى على ٣ جرامات من الكربون (صفحة ٢٤٩) يكون ١,١٣٣ من الجرامات من ثانى أكسيد الكربون تحتوى على ٠,٣٠٩ من الجرام من الكربون ولكن وزن ثانى أكسيد الكربون هذا قد حصل

من ٠٫٧١١ من الجرام من أول أكسيد الكربون فيجب أن يحتوى ٠٫٧١١ من الجرام من أول أكسيد الكربون على ٠٫٣٠٩ من الجرام من الكربون .

ولقد دلت تجارب "ستاس" على أن ٣ جرامات من الكربون تتحد بـ ٤ جرامات من الأكسجين بالضبط محدثة ٧ جرامات من أول أكسيد الكربون .

العلاقة بين وزنى الأكسجين الذى فى الأكسيدين — يدخل كل من هذين المركبين فى قانون النسب الثابتة ولكن إذا بحث عنهما من حيث الوزن تظهر حقيقة أخرى فلو أخذ وزن معيّن من الكربون مثل ٣ جرامات لرأينا بالحساب أنها تتحد بثمانية جرامات من الأكسجين ليحصل ثانى أكسيد الكربون وتتحد بأربعة جرامات من الأكسجين ليحصل أول الأكسيد وظاهر أن وزن الأكسجين فى الحالة الأولى ضعف وزنه فى الثانية وبعبارة أخرى يرى أن بين وزنى الأكسجين المتحدين بوزن معيّن من الكربون فى المركبين نسبة بسيطة هى ٢ الى ١

(٦٨) قانون النسب المضاعفة لدالتن

مقارنة تركيب الميثان والأستلين والأثلين — يمكن مقارنة أوزان الكربون والأيدروچين فى هذه المركبات الثلاثة بالرجوع الى النتائج التى بصفحة (٢١٩) وهى :

حجم من الميثان يحتوى على حجمين من الأيدروچين المتحد بالكربون الذى فى حجم من ثانى أكسيد الكربون .

حجم من الأثلين يحتوى على حجمين من الأيدروچين المتحد بالكربون الذى فى حجمين من ثانى أكسيد الكربون .

حجم من الأستلين يحتوى على حجم من الأيدروچين المتحد بالكربون الذى فى حجمين من ثانى أكسيد الكربون .

وبمضاعفة النتيجة الأخيرة يرى أن حجمين من الأستلين يحتويان على حجمين من الأيدروچين المتحد بالكربون الذى فى ٤ حجوم من ثانى أكسيد الكربون .

ففى هذه المركبات الثلاثة يتحد حجمان من الأيدروچين بالكربون الذى فى حجم وحجمين وأربعة حجوم من ثانى أكسيد الكربون وبعبارة أخرى لو قيست الحجوم فى درجة حرارة واحدة تحت ضغط واحد لنتج أن وزنا ثابتا من الأيدروچين يتحد بـ ١ و ٢ و ٤ أجزاء من الكربون من حيث الوزن .

أكسيدا النحاس — هناك عدة فلزات يتكون منها أكسيدان أو أكثر فمثلا أكسيد النحاس يمكن اختزالها بالطريقة المبينة بصفحة (٨٥) وتعيين وزنى النحاس والأكسجين المتحدين ويمكن مقارنة النتائج كما يأتى :

أكسيد النحاس الأحمر يحتوى على { نحاس ٦٣٫٦ من الأجزاء بالوزن
أكسجين ٨٫٠ أجزاء بالوزن }

أكسيد النحاس الأسود يحتوى على { نحاس ٣١٫٨ من الأجزاء بالوزن
أكسجين ٨٫٠ أجزاء بالوزن }

قانون النسب المضاعفة — يستنتج من درس جملة أمثلة من هذا القبيل قانون النسب المضاعفة لدالتن وهو :

إذا اتحد عنصر ما بعنصر آخر فكوّن مركبين مختلفين أو أكثر فإن أوزان العنصر الأول التى تتحد بوزن ثابت من العنصر الآخر تكون متناسبة تناسبا بسيطا .

فإذا اعتبرنا فى حالة أكسيدى النحاس أن الوزن الثابت هو ٨ جرامات من الأكسجين فإن هذا الوزن يتحد بـ ٣١٫٨ من الجرامات من النحاس فيحصل أكسيد النحاس الأسود أو يتحد أيضا بـ ٣١٫٨ × ٢ من الجرامات من النحاس فيحصل الأكسيد الأحمر أى أن نسبة وزنى النحاس هى نسبة بسيطة — ١ : ٢

كذلك ٨ جرامات من الأكسجين تتحد بـ ٦ جرامات من الكربون فيحصل أول أكسيد الكربون ولكن ٨ جرامات من الأكسجين تتحد بـ ٣ جرامات فقط فيحصل ثانى الأكسيد أى أنها تتحد هنا بنصف ستة جرامات الكربون السابقة وبعبارة أخرى لو فرضنا أن الوزن الثابت هو ٦ جرامات من الكربون لكان الوزن الذى يتحد به إما ٨ جرامات من الأكسجين ليحصل أول الأكسيد وإما ١٦ جراما ليحصل ثانى الأكسيد .

العناصر التى تختلف أوزانها الاتحادية عن أوزانها المكافئة — بعض العناصر كالحديد تختلف أوزانها الاتحادية اختلافا تاما عن أوزانها المكافئة فقد رأينا أن ٧٫٩ من الجرامات من الحديد تحل محل جرام واحد من الأيدروچين مع أن ٢٠٫٨ من الجرامات من الحديد تتحد بـ ٨ جرامات من الأكسجين (صفحة ١٧٠) .

وفى أكسيد ثان يعرف عند التجار باسم الكلكون تتحد ١٨,٦ من الجرامات من الحديد بـ ٨ جرامات من الأكسجين فيظهر أن للحديد أوزانا مكافئة مختلفة تتحد بالأكسجين وتحل محل الأيدروچين فى المركبات ولسهولة توضيح ذلك نأخذ أكسيدا ثالثا للحديد فنرى فيه أن ٢٧,٩ من الجرامات من الحديد تتحد بـ ٨ جرامات من الأكسجين ومن حيث ان ٢٧,٩ من الجرامات من الحديد تحل محل جرام واحد من الأيدروچين فهذا العدد هو الوزن المكافئ الحقيق .

أما البحث فى علاقة هذا الوزن المكافئ الحقيق بالأوزان المكافئة الأخرى فيحتاج الى حذق فلو فرضنا وجود أربعة أوزان مكافئة من الأكسجين فى الأكسيد الأول لكان ٣٢ جراما من الأكسجين متحدة بـ ٨٣,٢ من الجرامات من الحديد وهذا الوزن الأخير يكاد يكون ثلاثة أمثال الوزن المكافئ الحقيق للحديد فهذا الأكسجين يحتوى على ثلاثة مكافئات للحديد متحدة بأربعة مكافئات للأكسجين .

ولو تأملنا فى الأكسيد الثانى المحتوى على ١٨,٦ من الجرامات من الحديد متحدة بثمانية جرامات من الأكسجين وضربنا هذه الأعداد فى ٣ حتى يصير وزن الأكسيد محتويا على ٣ أوزان مكافئة من الأكسجين لوجدنا أن وزن الحديد يساوى ٥٥,٨ من الجرامات أى أن هذا الأكسيد يحتوى على وزنين مكافئين للحديد متحدين بثلاثة أوزان مكافئة للأكسجين .

أسئلة على الباب السابع والعشرين

(١) كيف تثبت بالعمل أن أكسيدى الكربون يتبعان قانون النسب المضاعفة ؟

(٢) كيف تبرهن بالعمل على أن مقدارا معلوما من الرصاص يتحد بمقدارين مختلفين من الأكسجين ؟

(٣) بماذا توضح ما هو ثابت من أن لبعض العناصر وزنين مكافئين مختلفين وأن بين هذين الوزنين نسبة بسيطة ؟

(٤) إذا كان تركيب ثلاثة من أكاسيد الأزوت فى المائة هو :

أكسيد الأزوتوز : أزوت ٦٣,٦٤ ٪ وأكسجين ٣٦,٣٦ ٪

أكسيد الأزوتيك : أزوت ٤٦,٦٧ ٪ وأكسجين ٥٣,٣٣ ٪

فوق أكسيد الأزوت : أزوت ٣٠,٤٣ ٪ وأكسجين ٦٩,٥٧ ٪

فبيّن هل هذه الحقائق على مقتضى قانون النسب المضاعفة .

(٥) يمكن تجهيز أكسيدين للنحاس يحتويان على ٢٠,٢٦ ٪ و ١١,٢٦ ٪ من الأكسجين. أثبت أنه يمكن أن يمثل لقانون النسب المضاعفة بهذين المركبين .

(٦) إذا اتحد عنصران بهذه النسب :

٩٦,٢٨ : ٣,٧٢ و ٩٢,٨٣ : ٧,١٧ و ٨٩,٦٢ : ١٠,٣٨

فوضح من ذلك قانون الاتحاد بالنسب المضاعفة .

(٧) ما تفهمه من معنى قانون النسب المضاعفة ؟ بين جوابك بمثالين .

تمارين عملية

(١) أوجد بواسطة الاختزال بالأيدروجين وزنى الرصاص اللذين يتحدان بثمانية جرامات من الأكسجين ليحدث اللثارج وفوق أكسيد الرصاص ويكفى لتحصيل فوق الأكسيد تأثير حامض الأزوتيك المخفف فى الرصاص الأحمر ثم تجفيف الجسم الصلب الباقى بعد الغسل والرشح .

(٢) عيّن الأوزان المكافئة للقصدير .

(ا) بتسخينه مع حامض الكلوردريك المركز وجمع ما يصعد من الأيدروجين .

(ب) بأكسدته بحامض الأزوتيك المركز وتسخين النتاج الى أن يحمر قليلا قارن الأعداد الحاصلة فى الحالتين ووضح نتائجك .

(المطبعة الاميرية ٥-٣٣٠٥/١٩١٩/ ١٣٥٠)